A 625347

OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.
Nr. 45.

CHEM. LIB.
QD
553
·D268
1893

ELECTROCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

VON

HUMPHRY DAVY.

(1806—1807.)

WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG.

PROPERTY OF
University of Michigan Libraries
1817
ARTES SCIENTIA VERITAS

Chemical Library
QD
553
.D268
1893

Electrochemische UNTERSUCHUNGEN

von

HUMPHRY DAVY, Esq., F. R. S.,
Professor der Chemie an der Roy. Inst.

Vorgelesen in der königl. Societät zu London als Bakerian Lecture am 20. November 1806 und am 19 November 1807.

Herausgegeben

von

W. Ostwald.

Mit einer Tafel.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1893.

[1]

Ueber einige chemische Wirkungen der Electricität

von

Humphry Davy.

Vorgelesen in der königl. Societät zu London, als Bakerian Lecture am 20. November 1806. (Philos. Transactions f. 1807.)

I. Einleitung.

Die chemischen Wirkungen, welche die Electricität hervorbringt, haben seit einiger Zeit die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich gezogen. Das Neue dieser Erscheinungen, die wenige Analogie derselben mit den bekannten Thatsachen und der scheinbare Widerspruch zwischen einigen der Resultate machen indess, dass diese Untersuchung mit dem tiefsten Dunkel bedeckt ist. Ich will in dieser Vorlesung versuchen, einiges Licht über sie zu verbreiten. Wenn ich mich dabei in ein Detail kleinlicher Versuche einlasse, welches vielleicht langweilig scheint, so ist dieses unvermeidlich, da alle diese Versuche wesentlich zu der Materie gehören, die ich behandeln will. Zugleich werde ich einige Erscheinungen aufklären, die man noch nicht hinreichend ergründet hat, und einige neue Eigenschaften einer der mächtigsten und allgemeinsten unter den wirkenden Kräften der Materie vor Augen stellen.

[2]

II. Ueber die Veränderungen, welche die Electricität in dem Wasser hervorbringt.

Schon bei den ersten chemischen Versuchen, die man mit der Voltaischen Säule anstellte, hat man Spuren von Säure und von Alkali an den Oberflächen der electrisirten Metalle wahrgenommen, durch welche ein Strom von Electricität auf

Wasser wirkte*). *Cruickshank***) hielt die Säure für Salpetersäure und das Alkali für Ammoniak; *Desormes****) suchte bald darauf durch Versuche zu beweisen, dass es Salzsäure und Ammoniak sei; und *Brugnatelli*†) behauptete, es sei eine eigene neue Substanz, die er glaubte electrische Säure nennen zu müssen. Die Versnche, welche man ganz neuerlich wieder in England und in Italien über die Erzengnng von Salzsäure und von Natron angestellt hat††), sind bekannt, und noch wird über sie gestritten.

Ich hatte im Anfang des Jahres 1800 gefunden, dass, wenn zwei gesonderte Antheile destillirten Wassers in zwei Glasröhren durch feuchte Blase oder durch irgend eine andere feuchte thierische oder vegetabilische Materie mit einander verbunden, und der electrischen Einwirkung der Voltaischen Säule durch Golddrähte ausgesetzt werden, in der Röhre des positiven Drahts eine salpetersalzsaure Goldanflösnng, und in der Röhre des negativen Drahts eine Natronauflösung entsteht†††). Ich überzeugte mich indess bald darauf, dass in diesem Falle die Salzsäure von den thierischen und vegetabilischen Materien herrührt. Denn da ich bei mehreren auf einander folgenden Versnchen dieselben banmwollenen Fäden genommen, nnd sie nach jedem Prozesse in stark verdünnte Salpetersäure getaucht hatte, fand ich zuletzt, dass das Wasser des Apparats, [3] obgleich es lange auf die Fäden mit vieler Stärke eingewirkt hatte, dennoch gar keine Wirkung auf salpetersanre Silberauflösnng äusserte. Aehnliche Schlüsse haben die galvanische Societät in Paris, der Dr. *Wollaston*, welcher die beiden Glasröhren durch befeuchteten Asbest verband, und die Herren *Biot* und *Thénard* aus ihren Versuchen gezogen*†). — Was das Natron betrifft, so bemerkte ich, dass, so oft ich davon eine grosse Menge erhielt, das Glas da, wo es von dem Drahte berührt wurde, stark angefressen war; dagegen erhielt ich kein fixes Alkali, wenn ich in einer Achatschale destillirtes Wasser electrisirte, das durch zwei

*) Nicholsons Journ. 4, 183.
**) ib. 4, 261.
***) Annales de Chimie 37, 233.
†) Phil. Mag. 9, 181.
††) Von Pacchioni und Peele, Phil. Mag. 21, 279.
†††) Ich habe die Ergebnisse des Versuches seinerzeit Herrn Beddoes gezeigt, und die Sache Sir James Hall, Herrn Clayfield und anderen Freunden im Jahre 1801 mitgetheilt.
*†) Moniteur 1806, No. 40.

Platinspitzen mit der Voltaischeu Säule verbunden war. Dieses bestimmte mich, das Natron hauptsächlich dem Glase zuzuschreiben.

Herr *Silvester* behauptet in einem im August dieses Jahres geschriebeuen Aufsatze, es erscheine weder eiu fixes Alkali uoch Salzsäure, weun man uur Eiu Gefäss mit destillirtem Wasser iu deu Kreis der Voltaischeu Säule briugt; mau erhalte aber beide Produkte, weuu mau zwei verschiedeue Gefässe nimmt. Um die Eiuwürfe zu umgehen, welcheu er bei dem Gebrauche vegetabilischer Theile oder von Glas wäre ausgesetzt gewesen, machte er deu Versuch mit einem Gefässe, das aus Tabakspfeifen-Thou gebrannt war, uud in einen Platintiegel gestellt wurde. Ich habe keiueu Zweifel au der Wahrheit seiner Resnltate: der Schluss, den er aus ihnen zieht, scheint mir dagegen Einwürfen ausgesetzt zu sein. Nach ihm soll das fixe Alkali dadurch nachgewiesen sein, dass die Flüssigkeit in dem Platintiegel das Curcumapapier bräunte, und dass nach dem Abdampfen nnd einer Erhitzung bis uahe am Rothglühen der Rückstand noch da war. Dieses könnte indess Kalk gewesen seiu, der iu grosser Menge in dem Tabakspfeifeu-Thone vorhanden ist. Aber selbst, weun wir zugeben, es sei ein festes Alkali, so schliessen die Materien, welche in der Fabrikation der Tabakspfeifen gebraucht werden, die Verbindnngeu dieser Snbstanz nicht aus.

[4] Ich habe den Versuch auf eine andere Art wiederholt, uachdem ich mir kleiue cylindrische Achatbecher, dereu jeder $^1/_4$ Kubikzoll fasste, verschafft hatte. Ueber zweien derselbeu liess ich einige Stuudeu lang destillirtes Wasser kocheu, verband sie danu vermittelst eines Stücks weissen durchscheinenden Amianths, der auf dieselbe Art war behaudelt worden, füllte sie mit destillirtem Wasser, und führte in dieses durch Platindrähte den electrischen Strom einer Voltaischen Säule aus 150 Platteupaareu Kupfer und Zink von 4 Quadratzoll Oberfläche, die mit einer Alaunauflösung genässt war. Als der Prozess 48 Stunden gedauert hatte, untersuchte ich das Resultat. Lackmnspapier, das in den Cylinder des zuführenden oder positiven Drahts getaucht wurde, verwandelte seine Farbe im Augenblicke in dnnkelroth, nnd die saure Flüssigkeit trübte eine salpetersaure Silberauflösung eiu wenig. Die Flüssigkeit des andern Cyliuders gab dem Curcumapapiere eiue dunklere Farbe, uud diese Eigenschaft verstärkte sich beim Abdampfen derselbeu. Ich setzte ihr etwas kohleusaures

Ammoniak hinzu, und liess sie bei starker Hitze eintrocknen; es blieb ein wenig einer weissen Materie, die mir nach einer sorgfältigen Prüfung die Eigenschaften von kohlensaurem Natron zu haben schien. Ich verglich sie mit eben so kleinen Mengen kohlensauren Kalis und kohlensauren Natrons; sie war nicht so zerfliessbar als das erstere, und bildete mit Salpetersäure ein Salz, das gleich dem salpetersauren Natron sehr bald die Feuchtigkeit aus der Luft an sich zog und zerging.

Dieses Resultat, das ich nicht erwartet hatte, schien zu beweisen, dass die Substanzen, welche ich fand, in den Achatbechern erzeugt waren. Ein ganz gleiches Verfahren, bei dem ich Glasröhren nahm, gab mir indess unter gleichen Umständen in derselben Zeit 20 mal [5] so viel Alkali, ohne die geringste Spur von Salzsäure. Es war daher doch sehr möglich, dass der Achat einige Theile eines Salzes, welche die chemische Analyse nicht zu entdecken vermochte, gebunden oder in feinen Poren adhärirend enthalten habe.

Um mich davon zu vergewissern, wiederholte ich den Versuch mit den Achatbechern ein zweites, ein drittes und ein viertes Mal. Das zweite Mal bewirkte salpetersaure Silberauflösung noch eine kleine Trübung in dem Cylinder, der die saure Flüssigkeit enthielt, doch war sie weit weniger deutlich als zuvor; das dritte Mal war sie kaum noch wahrzunehmen, und das vierte Mal blieb alles vollkommen klar, als ich salpetersaure Silberauflösung dazu gegossen hatte. Auch die Menge des Alkali nahm bei jeder Operation ab, und bei der letzten wirkte die Flüssigkeit an der negativen Seite, obgleich die Batterie 3 Tage lang kräftig auf sie eingewirkt hatte, doch nur sehr schwach auf Curcumapapier; etwas sichtbarer auf Lackmuspapier, welches durch eine schwache Säure geröthet worden war, von allen Prüfungsmitteln auf Alkali das empfindlichste. Es wurde beim Abdünsten wieder kohlensaures Ammoniak hinzugesetzt, und es blieben einige kaum sichtbare Theile Alkali zurück. In dem andern Achatbecher war Säure in Menge vorhanden; die Flüssigkeit schmeckte sauer, und roch wie Wasser, über dem lange Zeit eine bedeutende Menge von Salpetergas gestanden hat. Sie trübte salzsaure Barytauflösung nicht, und ein Tropfen, der auf einer polirten Stahlklinge verdunstet wurde, liess darauf eine schwarze Spur zurück, ganz der gleich, welche sehr verdünnte Salpetersäure hervorbringt.

Nach diesen Resultaten konnte ich nicht mehr daran zweifeln, dass in dem Achat selbst irgend ein Salz vorhanden

gewesen sein müsse, welches, indem es sich zersetzte, eine Säure, die die salpetersaure Silberauflösung trübt, und in grösserer Menge ein Alkali hergegeben habe. Der vier Mal wiederholte Prozess belehrte mich indess zugleich, dass noch eine zweite Ursache für die Gegenwart des Alkali im Spiele gewesen sein müsse; denn diese [6] Substanz zeigte sich bis zuletzt immerfort in wahrnehmbaren, und da, wie es mir schien, in immer gleichen Mengen. Ich hatte alle mögliche Vorsicht gebraucht, um beide Flüssigkeiten vor der äussern Luft zu schützen, und zu dem Ende die Achatcylinder in gläserne Gefässe eingeschlossen. Alle Geräthschaften, deren ich mich bediente, waren mehrere Mal in destillirtem Wasser gewaschen, und kein Theil derselben, der mit der Flüssigkeit in Berührung kam, mit den Fingern berührt worden. Die einzige Substanz, von der ich daher glauben konnte, dass sie dieses fixe Alkali habe hergeben können, war das Wasser selbst. Mit salpetersaurem Silber und salzsaurem Baryt untersucht, schien es zwar rein zu sein; allein es ist ausgemacht, dass bei schnellem Destilliren eine sehr kleine Menge von Kali und Natron mit dem Wasser übergeht, und das Wasser von New-River, dessen ich mich bedient habe, enthält Unreinigkeiten, theils thierische, theils vegetabilische Materien, welche Neutralsalze hergeben können, die fähig sind, während des lebhaften Kochens überzugehen.

Um darüber einen Versuch mit der möglichsten Genauigkeit zu erhalten, nahm ich zwei hohle Kegel aus reinem Golde, deren jeder ungefähr 25 Gran Wasser fasste, füllte sie mit destillirtem Wasser, verband sie durch den Streifen genässten Amianths, der mir zu den ersten Versuchen gedient hatte, und brachte sie in den Kreis einer Voltaischen Säule aus 100 Paar Zink- und Kupfer-Platten von 6 Quadratzoll Oberfläche, die mit verdünnter Alaunauflösung und Schwefelsäure genässt war. Schon nach 10 Minuten gab das Wasser der negativen Seite schwach geröthetem Lackmuspapier einen leichten bläulichen Schein, und das Wasser der positiven Seite röthete es stärker. Dieser Prozess wurde 14 Stunden lang fortgesetzt; die Säure nahm während dieser ganzen Zeit an Menge zu, und das Wasser nahm endlich selbst einen sauren Geschmack an; dagegen verstärkten sich nicht die alkalinischen Eigenschaften der Flüssigkeit an der negativen Seite, und brachten dort keine grössern Wirkungen, als das erste Mal auf Lackmus- oder Curcumapapier hervor. Diese Wirkungen

waren schwächer, als ich diese Flüssigkeit eine Minute lang stark erwärmt [7] hatte; doch zeigte das Abdampfen unter Zusetzung von kohlensaurem Ammoniak die Gegenwart von etwas fixem Alkali. Die Säure verhielt sich, soweit ihre Eigenschaften nntersucht wurden, übereinstimmend mit reiner Salpetersäure, die mit überschüssigem Salpetergas verbunden war.

Ich wiederholte diesen Versuch und liess ihn drei Tage lang dauern. Am Ende dieser Zeit war das Wasser bis über die Hälfte verdunstet und zersetzt. Die Säure war stark; das Alkali war nur wenig, wie in dem vorhergehenden Versuche; letzteres wirkte zwar stärker wie das vorige Mal auf die Probepapiere, doch nur weil die Flüssigkeit sich stärker vermindert hatte, nnd beim Abdampfen gab sie dasselbe Resultat als zuvor.

Hiernach liess sich nicht länger daran zweifeln, dass das destillirte Wasser, mit dem ich meine Versuche angestellt hatte, eine Substanz in geringer Menge enthielt, die fähig war, die Gegenwart des fixen Alkali in den vorigen Versuchen zu vernrsachen, die aber bald erschöpft war. Dieses führte von selbst auf die Frage: Ist diese Substanz ein Salz, welches beim Destilliren übergeführt wird? oder ist sie Stickgas, dessen jedes Wasser, welches an der Lnft gestanden hat, eine kleine Menge enthält, und ist vielleicht der Stickstoff ein Bestandtheil des fixen Alkali? Das Wasser musste wenigstens während des Versuchs bald an Stickgas erschöpft werden, und wurde wahrscheinlich dadurch, dass es sich mit Wasserstoffgas schwängerte, verhindert, neues Stickgas einznschlucken.

Ich war weit mehr für die erste Meinung, und in der That wurde sie sehr bald bestätigt. Denn als ich ein Quart des destillirten Wassers, dessen ich mich bedient hatte, in einer silbernen Blase bei einer mässigen Hitze von weniger als 140° F. abdampfen liess, fanden sich $^{7}/_{10}$ Gran eines festen Rückstandes, der salzig und metallisch schmeckte, nnd an der Luft zerfloss. Ich konnte keine regelmässigen Krystalle davon erhalten; das zerflossene wirkte weder auf Curcuma- noch auf Lackmuspapier; als aber etwas davon [8] in einem Silbertiegel geglüht worden war, zeigte es starke alkalisehe Eigenschaften. Es war nicht möglich, eine so kleine Menge zu analysiren; es schien mir aber nach allem diesem, dass sie hauptsächlich aus salpetersaurem Natron und salpetersaurem Blei bestanden habe. Das Metall rührte höchst wahrscheinlich von der Condensationsröhre der gewöhnlichen Blase her, in der das Wasser war überdestillirt worden.

Auf diese Art war also die Gegenwart einer salzigen Materie in dem destillirten Wasser bewiesen. Was für Einfluss sie auf den Versuch gehabt habe, das war nun leicht zu bestimmen. Ich füllte die beiden Kegel aus Gold mit Wasser, und brachte sie wie zuvor in den Kreis einer Säule. In dem Kegel der negativen Seite hatte die Flüssigkeit bald das Maximum an Wirksamkeit auf Curcumapapier erreicht; als dieses der Fall war, brachte ich in sie etwas von dem Rückstande der Abdampfung, der bei dem vorigen Versuche geblieben war; in weniger als zwei Minuten äusserten sich davon die Wirkungen, und nach fünf Minuten färbte die Flüssigkeit das Curcumapapier hellbraun.

Ich schloss hieraus, dass mit etwas von dem Wasser, welches ich bei der zweiten langsamen Destillation aus der silbernen Blase erhalten hatte, der Versuch sich werde jede beliebige Zeit über fortsetzen lassen, ohne dass sich eine Spur eines fixen Alkali zeigen werde. Der Erfolg bewies, dass ich mich darin nicht betrog. — Ich brachte in die Kegel von Gold einige Tropfen dieses Wassers, womit ich auch den Amianth befeuchtete. Nach zwei Stunden äusserte das Wasser der negativen Röhre noch keine Wirkung auf Curcumapapier; kaum konnte man mit der angestrengtesten Aufmerksamkeit wahrnehmen, dass es die Farbe eines schwach gerötheten Lackmuspapiers veränderte; und da es auch dieses Vermögen verlor, wenn man es 2 oder 3 Minuten lang stark erwärmte, so habe ich alle Ursache, zu glauben, dass es dasselbe von einem geringen Antheil an Ammoniak erhielt. — Denselben Versuch wiederholte ich mit Wasser derselben Art in den Achatcylindern, die ich schon so oft gebraucht hatte, und [9] es wurde mir die Freude, dass ich vollkommen dieselben Resultate bekam.

Ich halte es für überflüssig, in das Detail der vorigen Operationen einzugehen. Alle Thatsachen beweisen, dass das fixe Alkali in ihnen nicht *erzeugt* wurde, sondern dass es entweder aus den Geräthschaften, oder aus Salzen, welche in dem Wasser vorhanden sind, *herrührte*.

Ich habe mehrere Versuche mit langsam destillirtem Wasser in *Gefässen von verschiedenen Materien* angestellt, und fast in allen habe ich kleine Antheile fixen Alkalis erhalten. In Röhren aus *Wachs* war es eine Mengung von Natron und Kali, und die Säure eine Mischung von Schwefel-

säure, Salzsäure und Salpetersäure. In einer Röhre aus Harz schien das Alkali hauptsächlich Kali zu sein.

In einen Platintiegel wurde ein Würfel aus carrarischem Marmor gethan, der ungefähr 1 Kubikzoll gross war und eine tiefe Höhlung in der Mitte seiner obern Fläche hatte. Ich goss in den Tiegel gereinigtes Wasser bis an die obere Fläche des Würfels, so dass also auch die Höhlung mit diesem Wasser gefüllt war, und führte nun in das Wasser des Tiegels den positiven, in das Wasser der Höhlung den negativen Draht einer starken Voltaischen Säule. Das Wasser der Höhlung erhielt bald die Eigenschaft, die Farbe des Curcumapapiers zu verändern; ich erhielt daraus fixes Alkali und Kalk. Vielfältige Versuche gaben mir immer dasselbe Resultat. Doch erschien jedes Mal eine kleinere Menge des fixen Alkali, und nach dem elften Prozesse, deren jeder zwei oder drei Stunden gedauert hatte, verschwanden das Alkali und der Kalk vollständig. Die Menge des entstehenden Kalkwassers war immer gleich. — Ich löste nun 500 Gran von diesem Marmor in Salpetersäure [10] auf, zersetzte die Auflösung mit kohlensaurem Ammoniak, filtrirte, dampfte die Flüssigkeit ab, und zersetzte das erhaltene salpetersaure Ammoniak durch Hitze. Es blieben ungefähr $^3/_4$ Gran eines fixen Salzes zurück, dessen Basis Natron war.

Da es möglich war, dass dieser carrarische Marmor noch vor kurzem in dem Meerwasser gelegen hatte, so wiederholte ich denselben Versuch mit einem Stücke körnigen Marmors, den ich selbst von einem Felsen abgeschlagen hatte, welcher auf einem der höchsten uranfänglichen Berge von Donegal steht. Auch dieser Marmor gab mir vermittelst der negativen Electricität Alkali.

Ein Stück Thonschiefer von Cornwallis, auf dieselbe Art behandelt, gab dasselbe Resultat. Serpentin von Cap Lizard und Grauwacke aus Nord-Wallis gaben gleichfalls Natron. Es giebt wahrscheinlich nur wenige Steine, die nicht irgend einen Antheil eines Salzes enthalten, welches unter mehrern Umständen durch ihre Substanz filtrirt. Und das hat nichts Ueberraschendes, da alle unsere gewöhnliche Gebirge offenbare Spuren des Meerwassers an sich tragen, mit dem sie vor Alters bedeckt waren.

Ich konnte nun auch mit Bestimmtheit darthun, dass das Natron, welches man in Glasröhren erhält, hauptsächlich

aus dem Glase selbst herkömmt, wie ich das immer vermuthet hatte. Ich richtete nämlich den oft beschriebenen Versuch vor, mit den beiden Kegeln aus Gold und mit Ammoniak, und füllte beide Kegel mit gereinigtem Wasser. Nach $^1/_4$ Stunde veränderte das Wasser der negativen Seite Curcumapapier nicht im mindesten. Nun brachte ich ein Stückchen Glas in die Spitze dieses Kegels, und nach wenig Minuten gab das Wasser an der Oberfläche der Curcuma eine lebhaft dunkelbraune Farbe.

Ich habe keinen einzigen Versuch gemacht, bei welchem ich nicht eine Säure [11] erhalten hätte, welche die Eigenschaften der Salpetersäure zeigte; je länger der Prozess dauerte, desto grösser war die Menge derselben. — Auch das Ammoniak schien sich stets in geringer Menge während der ersten Minuten in dem gereinigten Wasser der Goldkegel zu bilden, erreichte aber bald sein Maximum. — Es ist das natürlichste, diese beiden Erscheinungen der Verbindung des Sauerstoffs, der sich an der positiven, und des Wasserstoffs, der sich an der negativen Seite entbindet, mit dem im Wasser aufgelösten Stickstoffe der atmosphärischen Luft zuzuschreiben. In dieser Voraussetzung geben die Versuche des Dr. *Priestley* über das Verschlucken der Gasarten durch das Wasser eine sehr einfache Erklärung, warum sich die Säure immerfort, das Ammoniak aber nur während der ersten Zeit bildet. Der Wasserstoff scheint nämlich, indem er sich im Wasser auflöst, den Stickstoff daraus auszutreiben, indess Stickstoff und Sauerstoff mit einander im Wasser aufgelöst bestehen*).

Um diese Erklärung noch vollständiger zu beweisen, brachte ich die beiden Goldkegel mit dem gereinigten Wasser in den Recipienten einer Luftpumpe, pumpte diesen so weit leer, dass er nur noch $^1/_{64}$stel der anfänglichen Luftmenge enthielt, und verband, vermöge einer besondern Vorrichtung, die Kegel mit einer wirksamen Voltaischen Säule aus 50 Plattenpaaren von 4 Quadratzoll Oberfläche. Diese Verbindung unterhielt ich 18 Stunden lang, und untersuchte während derselben von Zeit zu Zeit das Resultat. Das Wasser der negativen Röhre äusserte nicht die geringste Wirkung auf schwach geröthetes Lackmuspapier; das Wasser der positiven Röhre gab damit ein kaum wahrzunehmendes Roth. Eine ohne Vergleich grössere Menge von Säure hätte sich zu

*) Priestley, Experiments and Observations, I, 59.

gleicher Zeit in der Atmosphäre gebildet, und das wenige [12] Stickgas, welches mit dem Wasser in Berührung blieb, schien der Wirkung zu entsprechen.

Ich wiederholte diesen Versuch noch ein Mal mit aller möglichen Vorsicht, richtete den Apparat auf die beschriebene Weise vor, pumpte den Recipienten möglichst luftleer, füllte ihn darauf mit Wasserstoffgas, pumpte ihn noch ein Mal leer und füllte ihn ein zweites Mal mit Wasserstoffgas, das mit Sorgfalt bereitet worden war. Der Prozess wurde 24 Stunden lang fortgesetzt; und am Ende dieser Zeit erfolgte nicht die geringste Farbenänderung in präparirtem Lackmuspapier, weder in dem Wasser der positiven, noch in dem Wasser der negativen Seite.

Hieraus folgt offenbar, dass chemisch-reines Wasser sich durch Electricität einzig und allein in Sauerstoffgas und in Wasserstoffgas zersetzt.

Ich werde weiterhin von den Ursachen dieser und anderer Zersetzungen, von denen hier die Rede gewesen ist, handeln.

III. Von den Wirkungen der Electricität bei der Zersetzung verschiedener Stoffe.

Die Versuche, welche ich hier im Detail beschrieben habe, über die Erzeugung des Natrons und über die Zersetzung verschiedener aus thierischen und vegetabilischen Theilen herrührender Salze, im Kreise der Voltaischen Säule, bieten uns einige Umstände dar, welche werth sind, die Aufmerksamkeit des Beobachters noch weiter zu beschäftigen.

Bei allen diesen Veränderungen wo Säure sowohl, als auch Alkali gegenwärtig waren, fand sich im Wasser die Säure um die positiv-electrisirte, das Alkali um die negativ-electrisirte Oberfläche der Metalle angesammelt. Das Princip der Wirksamkeit scheint hiernach mit einem der zuerst beobachteten Phänomene an der Voltaischen Säule, nämlich mit der [13] Zersetzung des Kochsalzes, womit die Pappscheiben getränkt werden, und mit mehrern seitdem beobachteten Zersetzungen neutraler und metallischer Salze, besonders mit denen, deren Detail die Herren *Hisinger* und *Berzelius**) bekannt gemacht haben, in unmittelbarem Zusammenhange zu stehen.

Die ersten Beobachtungen, welche ich in Beziehung auf

*) Ann. de Chimie 51, 167.

diesen Gegenstand angestellt habe, betrafen die Zersetzung fester Körper, welche sich schwer oder gar nicht im Wasser auflösen. Zu Folge der Wirkungen, welche die Electricität der Säule auf Glas geäussert hatte, erwartete ich unter ähnlichen Umständen die erdigen Verbindungen auf gleiche Art zersetzt zu sehen. Die Resultate meiner Versuche waren hierin entscheidend und genügend.

Ich verband mit einander durch fasrigen Gyps, der in gereinigtes Wasser getaucht worden war, zwei Gefässe aus dichtem Gyps (Alabaster), deren jedes ungefähr 14 Gran Wasser fasste, füllte sie mit gereinigtem Wasser, und tauchte in sie die Platindrähte einer Voltaischen Batterie aus 100 Plattenpaaren von 6 Quadratzoll Oberfläche, so dass die Electricität längs der Fasern des Gypses hinwirkte. Nach 5 Minuten wurde das Wasser in dem Gefässe des positiven Drahtes sauer, und das im andern Gefässe gab dem Curcumapapiere eine dunkle Farbe. Eine Stunde darauf untersuchte ich sorgfältig beide Flüssigkeiten. Das Gefäss der negativen Seite enthielt eine reine und gesättigte Auflösung von Kalk, und war zum Theil mit einer Kalkrinde bedeckt; in dem Gefässe der positiven Seite fand ich mässig starke Schwefelsäure.

Ich verschaffte mir darauf zwei Stücke krystallisirten schwefelsauren Strontians, von der Grösse eines Kubikzolles, machte in jedes ein Loch, das 8 Gran Wasser fasste, setzte beide [14] in einen Platintiegel, und goss in diesen so viel destillirtes Wasser, dass es einige Linien höher als die obere Fläche der beiden Würfel stand. Als die Enddrähte einer Voltaischen Säule von 100 Plattenpaaren mit dem Wasser in diesen Löchern verbunden wurden, entband sich in ihnen Gas; ein Beweis, dass der schwefelsaure Strontion porös genug ist, um einen Leiter abzugeben. Es dauerte dieses Mal länger als im vorigen Versuche, ehe ich ein Resultat erhielt, und erst nach einiger Zeit zeigte sich eine wahrnehmbare Wirkung; der Ausgang war aber derselbe. Nach 30 Stunden hatte das Wasser in der Höhlung an der negativen Seite die Eigenschaft erhalten, eine Auflösung von schwefelsaurem Kali zu fällen, und die salzsaure Barytauflösung bewies die Gegenwart von Schwefelsäure an der andern Seite.

Krystallisirter flussaurer Kalk, mit dem ich den Versuch auf dieselbe Art anstellen wollte, war für die Feuchtigkeit nicht durchlässig genug; ich musste daher die

beiden Höhlungen durch genässten Asbest mit einander verbinden. Die Zersetzung ging ziemlich langsam vor sich, doch erhielt ich nach 2 Tagen in dem einen Gefässe ziemlich starkes Kalkwasser, und in dem andern Flusssäure, welche essigsaure Bleiauflösung fällte, und auf Glas verdunstet einen Fleck znrück liess.

Schwefelsanrer Baryt war, wie zn erwarten war, noch schwerer zu zersetzen; ich stellte damit vier oder fünf Versuche auf dieselbe Art als mit dem Flnssspath an, bevor ich ein entscheidendes Resnltat erhielt. Bei dem letzten Versuche hatte ich in zwei Stücke eines grossen Schwerspath-Krystalls Höhlungen eingeschliffen, deren jede 5 Gran fasste, [15] nnd verband sie mit angefeuchtetem Asbest. Das Wasser in diesen Höhlnngen wurde 4 Tage lang mit einer kräftigen Batterie aus 150 Plattenpaaren von 4 Quadratzoll Oberfläche in Verbindnng erhalten, und von Zeit zu Zeit ergänzt, wenn es abnahm. Am Ende des Versuchs röthete das Wasser der positiven Seite Lackmustinctur im Augenblicke, hatte einen sehr sauren Geschmack und gab mit salzsaurer Barytauflösung einen dentlichen Niederschlag. Das Wasser der andern Seite machte die Cnrcnmatinctur dunkler, trübte aber nicht eine Auflösung von schwefelsanrem Kali; doch fand sich an den Seiten und anf dem Boden eine kleine weisse Rinde, welche ich dem Baryt zuschrieb, der sich während der so sehr langsamen Zersetzung mit Kohlensäure aus der Atmosphäre verbunden nnd niedergeschlagen hatte. Um mich davon zu überzeugen, brachte ich in die Höhlung einen Tropfen verdünnter Salzsäure; es erfolgte ein leichtes Aufbrausen, und die erhaltene Anflösung erzeugte in schwefelsaurem Natron ein sichtbares weisses Wölkchen.

In allen diesen Fällen waren die Bestandtheile, welche durch die Wirknngen der Electricität getrennt wurden, in den Körpern in bedeutender Menge vorhanden, und dem Einflusse derselben in einer grossen Fläche ausgesetzt. Ich war indess berechtigt, ans den Versuchen, die ich mit gereinigtem Wasser in Gefässen verschiedener Art angestellt hatte, zu schliessen, dass auch sehr geringe Mengen von Säure und Alkali aus festen Körpern, besonders, wenn diese aus reinen Erden bestehen, durch Einwirkung der Electricität geschieden werden möchten. Es war ohne Schwierigkeit hierüber auf das Reine zn kommen.

Ich hatte znm Behufe einer geologischen Untersuchung,

welche ich die Ehre haben werde der königl. Societät in der Folge vorzulegen, ein Stück eines schönen körnigen Basalts von Port-Rush in der Grafschaft Antrim durch [16] Schmelzung mit Boraxsäure mit vieler Sorgfalt zerlegt. Er enthielt in 100 Theilen $3^1/_2$ Theil Natron, ungefähr einen $^1/_2$ Theil Salzsäure und 15 Theile Kalk. Diese Steinart schien mir zu einem Versuche, wie ich ihn vor hatte, vorzüglich geschickt. Ich machte darein zwei Löcher, deren jedes 12 Gran Wasser fasste, verband sie durch befeuchteten Amianth, und verfuhr auf die gewöhnliche Weise mit einer Voltaischen Säule aus 50 Plattenpaaren. Nach 12 Stunden untersuchte ich sorgfältig die Resultate. Das positiv-electrisirte Wasser roch stark nach oxygenirter Salzsäure, und fällte salpetersaures Silber; das negativ-electrisirte veränderte die Curcumatinctur, und liess beim Abdampfen einen Rückstand, der aus Natron und aus Kalk bestand.

Ich machte daranf ein kleines Loch in ein Stück dichten Zeoliths vom Giants Causeway, der mir bei der Analyse 7 Procent Natron gegeben hatte, legte das Stück in einen Platintiegel, und behandelte es gerade so als den Würfel aus carrarischem Marmor. In weniger als 2 Minuten färbte schon das Wasser der Höhlung Curcumapapier dunkler, und nach einer halben Stunde schmeckte es unangenehm alkalisch. Es enthielt eine Mengung von Natron und Kalk.

Lepidolith anf dieselbe Art behandelt, gab Kali.

Ein Stück verglaster Lava vom Aetna gab einen alkalischen Rückstand, der Natron, Kali und Kalk gemischt zu enthalten schien.

Da ich bei diesen Versuchen keinen andern Zweck hatte, als mich von der Wirklichkeit der Zersetzungen zu überzeugen, so setzte ich keinen derselben lange genug fort, um so viel Alkali zu erhalten, dass es hätte können gewogen nnd mit dem Gewichtsverluste der untersuchten Substanz verglichen werden. [17] Ich glaubte daher noch einen Versuch dieser Art anstellen zu müssen, um jeden möglichen Zweifel über den Ursprung der verschiedenen Prodnkte, die ich erhalten hatte, zu entfernen. Dazu wählte ich das Glas, als eine Substanz, die sich, wie es scheint, im Wasser nicht auflösen, nnd daher keine täuschenden Resultate veranlassen kann. Die Wage, deren ich mich hierbei bedient habe, ist von Herrn *Fidler* für die Royal Institution, nach dem Vorbilde der Wage der königl. Societät gemacht; wenn in jeder Schale

100 Gran liegen, so giebt $^1/_{500}$ Gran einen sichtlichen Ausschlag. — Die Glasröhre und der an ihr befestigte Platindraht wogen zusammen $48^9/_{32}$ Gran. Ich füllte die Röhre mit gereinigtem Wasser, electrisirte sie negativ vermittelst einer Säule aus 150 Plattenpaaren, und setzte den Prozess 1 Tage lang fort, worauf das Wasser alkalisch gefunden wurde. Nachdem es abgedunstet nnd einer Hitze von ungefähr 400° F. ausgesetzt worden, gab es Natron mit einem weissen Pulver vermischt, welches von Säuren nicht aufgelöst wurde; das Ganze wog $\frac{36}{128}$ Gran. Die sorgfältig gereinigte und getrocknete Glasröhre wog $84\frac{37}{128}$ Gran. Dass der Gewichtsverlnst der Röhre mit dem Gewichte der im Wasser erzeugten Produkte nicht übereinstimmte, erklärte sich daraus, dass kleine Theilchen des Amianths sich abgelöst hatten; das Natron, welches sich im Wasser vorfand, hatte sich wahrscheinlich allein aus dem Glase ausgeschieden.

Diese Resultate begnügten mich, was die Ausscheidung der Bestandtheile der Salze aus Körpern betrifft, welche unauflöslich in Wasser sind. Ich wendete mich daher nnn zu Versuchen mit zusammengesetzten auflöslichen Substanzen. Auch deren habe ich eine Menge angestellt; alle diese Körper wurden viel schneller zersetzt, und die Erscheinungen waren vollkommen deutlich. Ich bediente mich bei diesen Versnchen der Achatbecher, verband sie dnrch Amianth, der in gereinigtem Wasser durchnässt war, und [18] führte in sie die Platindrähte Voltaischer Batterien von 50 Plattenpaaren.

Eine verdünnte Anflösung von schwefelsanrem Kali auf diese Art behandelt, gab in 4 Stunden am negativen Drahte eine schwache Kalilauge, und am positiven Drahte Schwefelsänre. Ein ganz ähnlicher Erfolg trat ein mit schwefelsaurem Natron, schwefelsaurem Ammoniak, salpetersaurem Kali, salpetersaurem Baryt, phosphorsaurem Natron, kleesaurem Natron, benzoesaurem Ammoniak und mit Alaun. Immer fanden sich nach einiger Zeit die Säuren in dem Becher des positiven Drahtes, nnd die Alkalien und Erden in dem Becher des negativen Drahtes angesammelt.

Die Auflösungen salzsaurer Salze gaben stets oxygenirte Salzsäure in dem positiv electrisirten Wasser.

Vermischt man zusammen Auflösungen mehrerer Neutralsalze, welche die gewöhnlichen mineralischen Säuren enthalten, und mit einander bestehen können, so scheiden die

Säuren, (so wie die verschiedenen Basen,) unter einander gemischt sich ab, ohne dass es dabei auf den Rang in den Verwandtschaften anzukommen scheint.

Nimmt man Metallauflösungen, so bilden sich auf dem negativen Platindrahte metallische Krystallisationen oder Niederschläge wie in den gewöhnlichen galvanischen Versuchen. Auch setzt sich nm diesen Draht das Oxyd ab, und man findet bald in dem positiven Becher eine bedeutende Menge von Säure. Diese Wirkung fand statt bei Anflösungen von Eisen, von Zink, von Zinn und von allen vorzüglich oxydirbaren Metallen. Bei salzsaurem Eisen setzt sich auf dem negativen Drahte eine schwarze Substanz ab, welche magnetisch ist nnd sich nnter Anfbrausen in Salzsäure anflöst. Im schwefelsauren Zink erscheint ein granes Pulver von Metallglanz, das sich ebenfalls mit Anfbransen anflöst. In allen Fällen sammelt sich die Säure in grosser Menge an der positiven Seite an.

[19] Starke oder gesättigte Salzauflösungen zeigten, wie ich es erwartet hatte, ein viel schnelleres Fortschreiten im Zersetzen, als die schwachen Auflösungen; doch wird das Neutralsalz zersetzt, wenn dessen auch noch so wenig vorhanden ist. Ein einfacher Versuch reicht hin, dieses zu beweisen. Legt man in das gereinigte Wasser des Bechers der negativen Seite ein Stückchen Cnrcumapapier, so giebt die unendlich kleine Menge von Alkali, welches mit diesem Papiere darin eingeschlossen ist, Alkali genng, nm augenblicklich im Berührnngspunkte eine braune Farbe hervor zu bringen. Auf dieselbe Art nnd eben so schnell entweicht Säure aus Lackmuspapier, welches man in den Becher an der positiven Spitze legt.

Ich habe mehrere Versnche in der Absicht angestellt, um mich zu überzeugen, ob bei den Zersetzungen, welche durch Electricität bewirkt werden, eine vollständige Abscheidnng der Bestandtheile der Salze, bis anf die letzten Theile, von den zusammengesetzten Körpern statt findet, und ob sie daher zu bestimmten Resultaten führen. Dieses hat sich mir auf eine Art bewiesen, die mir keinen Zweifel lässt. Ich will hier einen der beweisendsten Versuche beschreiben. Ich electrisirte in den Achatbechern eine schwache Auflösung von schwefelsaurem Kali, die ans 20 Th. Wasser und 1 Th. gesättigter Auflösung von 60° bestand, mit einer Säule aus 50 Plattenpaaren, 3 Tage lang, und dabei wurde

täglich zwei Mal der Amianth, der die Becher verband, herausgenommen, in gereinigtem Wasser gewaschen und wieder hinein gebracht; eine Vorsicht, welche verhinderte, dass kein Neutralsalz sich dort ansetzen und die Resultate stören konnte. Das Alkali, welches auf diese Art aus der Auflösung erhalten wurde, hatte die Eigenschaften des reinen Kali, und als es mit Salpetersäure gesättigt worden war, trübte es sich nicht mit salzsaurer [20] Barytauflösung. Die Säure verdunstete in einer starken Hitze, ohne den geringsten Rückstand zu lassen.

IV. Ueber das durch Electricität bewirkte Hinüberführen gewisser Bestandtheile der Körper.

*Gautherot**) behauptet gefunden zu haben, dass in einer wirksamen einfachen galvanischen Kette aus Zink, Silber und Wasser das sich bildende Zinkoxyd vom Silber angezogen werde**). Die Herren *Hisinger* und *Berzelius* erzählen einen Versuch, bei welchem sie in den positiv electrisirten Schenkel eines Hebers salzsauren Kalk, und in den negativen destillirtes Wasser gethan hatten, und wo dieser letztere Schenkel nach der Zersetzung den Kalk enthielt. Diese Thatsachen würden darauf deuten, dass die Bestandtheile, welche sich beim Zersetzen der Salze durch Electricität trennen, von der einen zu der andern der electrisirten Metallflächen hinübergeführt werden, und dort sich auf die gewöhnliche Art aneinander ordnen. Doch es bedarf neuer Untersuchungen, damit diese Behauptung auf eine recht klare und bestimmte Weise bewiesen werde.

Ich verband durch Asbest miteinander eins der oben beschriebenen Gefässe aus dichtem Gyps, und einen der Achatbecher, füllte sie mit gereinigtem Wasser, und setzte den positiven Platindraht einer Säule von 100 Plattenpaaren mit dem Wasser im Gypsgefässe, den negativen mit dem Wasser im Achatbecher in Verbindung. Nach 4 Stunden fand sich in dem Achatbecher eine starke Auflösung von Kalk, und in dem Gypsgefässe Schwefelsäure. — Als ich die Gefässe in verkehrter Ordnung mit der Säule verbunden hatte, war am Ende einer gleichen Zeit in dem Achatbecher Schwefelsäure, und in dem Gypsgefässe Kalkwasser.

---

*) Ann. de Chimie 39, 203.
**) ib. 51, 172.

Aehnliche Versuche, die ich mit mehrern andern Salzen von [21] mineralischer Säure nnd alkalischer oder alkalisch-erdiger Basis in Glasröhren angestellt habe, gaben ganz analoge Resultate. Die Glasröhre mit der Salzauflösung und die mit destillirtem Wasser waren durch Amianth und beide mit der Voltaischen Säule durch Platindrähte verbunden; wenn die Salzauflösung positiv, das Wasser negativ electrisirt wurde, so war es die Basis, wenn ich dagegen die Salzauflösung negativ, das Wasser positiv electrisirte, so war es die Säure des Salzes, welche in das Wasser hinübergeführt wurden.

Die Metalle und die Metalloxyde werden wie die Alkalien an die negative Metallfläche hinübergeleitet, und dort angesammelt. Als bei einem dieser Versuche salpetersaure Silberauflösnng an der positiven, destillirtes Wasser an der negativen Seite war, zeigte sich das Silber an der ganzen Oberfläche des hinüberleitenden Asbestes, und gab ihr das Ansehen, als sei sie mit einer dünnen metallischen Schicht bedeckt.

Bei gleicher Menge und Intensität der Electricität, und bei sonst gleichen Umständen, scheint die Zeit, welche zu diesem Hinüberführen erfordert wird, desto grösser zu sein, je länger das Volumen Wasser ist, das sich zwischen den beiden Metallflächen befindet. So z. B. zeigt sich bei einer Kraft von 100 Plattenpaaren, wenn schwefelsaures Kali im negativen, destillirtes Wasser im positiven Gefässe ist, und die beiden Enden der Polardrähte einmal nur 1 Zoll, das zweite Mal dagegen (wenn man beide Röhren mit einem Zwischengefässe mit gereinigtem Wasser verbunden hat) 8 Zoll von einander entfernt sind, Schwefelsäure in dem Wasser des negativen Gefässes, im ersten Falle in weniger als 5 Minuten, in dem zweiten erst nach 14 Stunden.

Ich wünschte zu wissen, ob es nothwendig ist, dass eine Metallfläche die Salzauflösung berühre, damit diese zersetzt nnd einer ihrer Bestandtheile hinübergeführt werde. Zu dem Ende stellte ich den folgenden Versnch an. Es wurden zwei Glasröhren mit gereinigtem Wasser gefüllt, beide durch Amianth mit einem dritten Gefässe verbunden, worin sich eine Auflösung von salzsaurem Kali befand, und beide wurden so gestellt, dass die Oberfläche des Wassers [22] in den Röhren höher war als die Oberfläche dieser Auflösung. Jeder der beiden Platindrähte war auf diese Art wenigstens $^2/_3$ Zoll von der Salzauflösung entfernt, die sich in dem dritten Ge-

fässe befand; dennoch erschien sehr bald in der positiven Röhre die Säure, in der negativen das Alkali, und nach 16 Stunden hatten sich ziemlich starke Auflösungen von Kali und von Salzsänre in den Röhren gebildet.

Im diesem Falle des Hinüberführens oder der electrischen Anziehung scheinen die Säure und das Alkali vollkommen rein zu sein: ich bin geneigt, zu glauben, dass das immer der Fall ist, wenn die Versuche mit Sorgfalt angestellt werden. Die Reinheit der alkalischen Basis bewies folgender Versnch, bei welchem schwefelsaure Magnesia in der positiven, und destillirtes Wasscr in der negativen Röhre war, und die Magnesia in dieses hinübergeführt wnrde. Ich hatte Sorge getragen, dass die Oberfläche des destillirten Wassers nie niedriger als die der Salzauflösung stand; als ich den verbindenden Amianth fortnahm, und die Flüssigkeit in der negativen Röhre mit Salzsäure sättigte, gab sie keine Spur einer Trübung in salzsaurer Barytauflösung.

Um mich von dem Fortschreiten des Hinüberführens und von dem Lanfe zu unterrichten, den die Säuren und die Basen bei diesen Zersetznngen nehmen, nahm ich Lackmus- und und Curcuma-Tinktur, und mit ihnen gefärbte Papiere zu Hülfe. Diese Versuche lehrten mich einige sonderbare Umstände kennen, welche ich nicht erwartet hatte.

Zwei Röhren, von denen die eine destillirtes Wasser, die andere eine Auflösung von schwefelsanrem Kali enthielt, wurden durch Amianth mit einem kleinen Maass voll destillirten Wassers, das mit Lackmus gefärbt war, verbunden, und die Salzauflösung negativ, das Wasser positiv electrisirt. Da zu erwarten war, dass die Schwefelsäure, wenn sie [23] durch das Wasser in die negative Röhre hinübergeführt wurde, das Lackmus auf ihrem Wege röthe, so brachte ich über und unter den Amianthstücken, gerade in dem Kreislaufe, einige Stücke nassen Lackmuspapiers an, nnd beobachtete nun den Erfolg mit der grössten Aufmerksamkeit. Die rothe Farbe zeigte sich sogleich unmittelbar über der positiven Oberfläche, wo ich sie am wenigsten erwartete, und verbreitete sich von selbst an der positiven Seite bis in die Mitte des Zwischengefässes; an der negativen Seite erschien dagegen gar kein Roth, weder über dem Amianth noch um denselben, an welchem bis zu Ende des Versuchs keine Farbenveränderung eintrat, obgleich er immerfort Schwefelsäure hinübergeführt hatte.[1])

Ich verkehrte nun die Ordnnng, verhand die schwefelsaure Kaliauflösung mit dem positiven und das destillirte Wasser mit dem negativen Polardrahte, und nahm Curcuma statt Lackmus. Der Erfolg war völlig analog. Die Curcuma wnrde sogleich am negativen Drahte brann, und es fand keine Farhenänderung in dem vermittelnden Gefässe nach dem positiven Drahte zu statt.

Bei einem dritten Versuche füllte ich die heiden Glasröhren mit einer Auflösung von salzsanrem Natron, und das vermittelnde Gefäss mit schwefelsaurer Silberauflösnng, nnd legte auf die positive Seite Curcumapapier, auf die negative Lackmuspapier. Kaum war der Kreis der electrischen Säule geschlossen, als auch schon Natron in der negativen und oxygenirte Salzsäure in der positiven Röhre zu erscheinen hegann; heide zeigten sich bei ihrem Durchgange durch die schwefelsaure Silberauflösung, in welcher die Salzsäure einen schweren und dichten, das Natron einen viel leichtern und dünnern Niederschlag hewirkte; aber weder die Curcnma, durch welche das Alkali vom positiven Pole, noch das Lackmus, durch das die Säure vom negativen Pole ab zu dem entgegengesetzten hinüher geführt wurde, litten die geringste Farbenveränderung.

[24]

V. Ueber das durch die Electricität hewirkte Hindurchgehen von Säuren, Alkalien und andern Snbstanzen, dnrch Mittel, gegen die sie chemische Anziehung hahen.

Da die Säuren nnd Alkalien auf ihrer electrischen Hinüberführung dnrch Wasser hindnrchzugehen vermögen, das mit Pflanzenfarben gefärbt ist, ohne diese Farben zu ändern, oder, wie es allen Anschein hat, ohne dahei mit dem Pigmente sich zu verbinden: so entsteht die Frage, oh sie nicht auch auf gleiche Weise durch chemische Mittel, zu denen sie grosse Anziehung hahen, sollten hindurchgeführt werden? Denn sollte nicht dieselbe Macht, welche die Wahlanziehung in der Nähe der electrischen Metallspitzen vernichtet, auch während der ganzen Ausdehnung des Kreislaufes der geschiedenen Bestandtheile ihre Wahlanziehung vernichten oder fesseln können?

Ich bediente mich zu dem folgenden Versnche einer Säule aus 150 Lagen, und desselben Apparats, mit dem ich den

vorhergehenden Versuch mit salzsaurem Natron und schwefelsaurem Silber angestellt hatte. Mit der negativ-electrisirten Metallspitze wurde eine Auflösung von schwefelsaurem Kali, mit der positiv-electrisirten gereinigtes Wasser in Berührung gesetzt; als Mittelglied des verbindenden Leiters diente eine schwache Ammoniakauflösung, so dass kein Theilchen Schwefelsäure von der negativen Spitze in das positive Wasser hinüberkommen konnte, ohne durch die Ammoniakauflösung hindurchzugehen. Es zeigte sich durch Lackmuspapier, dass schon in weniger als 5 Minuten um die positive Spitze Säure sich angesammelt hatte, und schon nach $^1/_2$ Stunde war das Resultat so bestimmt, dass es mit Genauigkeit untersucht werden konnte. Das Wasser hatte einen sauren Geschmack und fällte salpetersaure Barytauflösung.

Ich habe ähnliche Versuche mit Kalkwasser und [25] mit schwachen Auflösungen von Kali, und von Natron als Mittelgliedern angestellt. Der Erfolg war ganz derselbe. — Bei starken Auflösungen von Kali und von Natron wird sehr viel mehr Zeit erfordert, ehe die Säure wahrzunehmen ist; aber selbst bei einer gesättigten alkalischen Lauge zeigt sich nach einer gewissen Zeit endlich die Säure.

Die Salzsäure von salzsaurem Natron, und die Salpetersäure von salpetersaurem Kali wurden unter ähnlichen Umständen durch concentrirte alkalische Laugen hindurchgeführt.

Ich stellte nun an den negativen Polardraht destillirtes Wasser, in die Mitte verdünnte Schwefelsäure, Salpetersäure oder Salzsäure, und an den positiven Polardraht eine Auflösung irgend eines Neutralsalzes, welches Kalk, Natron, Kali, Ammoniak oder Magnesia zur Basis hatte. Das Alkali ging, auf ganz gleiche Art, durch die Säure nach der negativen Oberfläche hinüber. Je weniger der concentrirten Säure war, desto leichter schien das Hinüberführen durch sie zu sein. Ich habe diesen Versuch mit Säulen von 150 Lagen angestellt: mit salzsaurem Kalke und Schwefelsäure, ferner mit salpetersaurem Kali und Salzsäure, mit schwefelsaurem Natron und Salzsäure, und mit salzsaurer Magnesia und Schwefelsäure. In allen diesen Fällen erhielt ich in weniger als 48 Stunden entscheidende Resultate. Die Magnesia wurde ebenso, wie die übrigen alkalischen Materien, hinübergeführt.

Auch Strontian und Baryt gingen mit derselben

Leichtigkeit dnrch Salpetersänre und durch Salzsäure hindurch; und umgekehrt die Säuren durch Strontianwasser und dnrch Barytwasser. — Als ich aber versuchte, ob Strontian und Baryt durch Schwefelsäure, oder nmgekehrt, Schwefelsäure dnrch die wässerigen Auflösungen dieser Substanzen würden hindurchgeführt werden, erfolgte ein ganz anderes Resnltat.

[26] Es befand sich schwefelsanre Kalianflösung an der negativen, destillirtes Wasser an der positiven Seite einer Säule aus 150 Lagen, nnd gesättigtes Barytwasser in der Mitte. Nach 30 Stunden war in dem destillirten Wasser noch nicht so viel Sänre, dass sie sich hätte wahrnehmen lassen. Nach 4 Tagen erschien sie zwar, aber in sehr geringer Menge. In dem Zwischengefässe hatte sich sehr viel schwefelsaurer Baryt niedergeschlagen; an der Oberfläche befand sich auf der Flüssigkeit eine dicke Lage kohlensauren Baryts, und das Barytwasser selbst war so schwach geworden, dass es kaum auf geröthetes Lackmuspapier wirkte. Ganz dasselbe Resultat gab Strontianwasser, nur dass dabei die Schwefelsäure schon nach 3 Tagen bemerkbar wurde. — Als ich am positiven Pole einer Säule von 150 Lagen salzsanren Baryt, in der Mitte concentrirte Schwefelsäure und am negativen Pole destillirtes Wasser angebracht hatte, nahm ich ebenso, während der 4 Tage, die der Versuch dauerte, keinen Baryt in dem destillirten Wasser wahr; in der positiven Röhre hatte sich aber viel oxygenirte Salzsäure, und in dem Zwischengefässe ein ziemlich bedentender Niederschlag von schwefelsaurem Baryt gebildet.

Auch mehrere Metalloxyde wurden bei Versuchen dieser Art durch Säuren hindnrch von der positiven nach der negativen Seite hinübergeführt; dieses ging aber weit langsamer vor sich, als mit den Alkalien. An der positiven Seite befand sich eine grüne schwefelsanre Eisenauflösung, in der Mitte Salzsäure, an der negativen Seite destillirtes Wasser. Nach 10 Stunden fing das grüne Eisenoxyd an sichtbar zu werden, auf dem zur Verbindung dienenden Amianthe der negativen Seite, und nach 3 Tagen hatte sich davon bedeutend viel in der negativen Röhre abgesetzt. — Schwefelsaures Knpfer, salpetersanres Blei und salpeter-salzsaures Zinn haben mir ganz ähnliche Resultate gegeben.

[27] Mehrere Versuche, welche ich über das Hindurchgehen von Säuren und von Alkalien durch Auflösungen von Neutralsalzen angestellt habe, führten zu den vorauszusehenden Resultaten.

In einem dieser Versuche mit Säulen von 150 Lagen befand sich salzsaurer Baryt an der negativen, destillirtes Wasser an der positiven Seite, und schwefelsaures Kali in der Mitte; nach 5 Minuten erschien Schwefelsäure in dem Wasser, und nach 2 Stunden ebenfalls Salzsäure. — Als schwefelsaures Kali an der positiven, destillirtes Wasser an der negativen Seite, und salzsaurer Baryt in der Mitte war, zeigte sich in dem destillirten Wasser Baryt nach einigen Minuten, und das Kali von dem entferntesten Theile der Kette bedurfte ungefähr 1 Stunde, um sich darin so stark anzusammeln, dass es erkennbar wurde. — War umgekehrt der salzsaure Baryt positiv und schwefelsaures Kali in der Mitte, so erschien das Kali im Augenblicke in dem negativen Wasser; in dem Zwischengefässe setzte sich viel schwefelsaurer Baryt ab, und nach 10 Stunden war der Baryt noch nicht in das Wasser hinüber gedrungen. — Als zwischen negativem salzsauren Baryt und positivem Wasser schwefelsaures Silber war, ging die Schwefelsäure allein in das Wasser über, und in dem Zwischengefässe setzte sich viel salzsaures Silber ab. Dieser Prozess währte 10 Stunden.

Auch mit vegetabilischen und mit thierischen Theilen habe ich mehrere Versuche über das Hindurchgehen angestellt, und jedes Mal mit dem ausgezeichnetsten Erfolg. Die mit einem der Polardrähte in Berührung stehende Salzauflösung, und die Salze, welche sich in den vegetabilischen und thierischen Substanzen selbst befinden, erleiden durch die Electricität beide eine Zersetzung und ein Hindurchführen, und die Zeit, welche nöthig ist, bis diese Produkte sich an den äussersten Punkten ihres Kreislaufs zeigen, hängt von der Entfernung ab, worin diese Punkte von einander stehen.

[28] Eine positive Auflösung von salpetersaurem Strontian war mit negativem Wasser durch einen noch frischen, 2 Zoll langen Stengel einer Tuberose verbunden. Das Wasser wurde im Augenblicke grün und zeigte ein Alkali; und ebenso schnell ging in die positive Röhre Salpetersäure über. Ich untersuchte das Alkali nach 10 Minuten; es bestand aus Kali und aus Kalk; noch war also das Strontian nicht hinübergedrungen; der Niederschlag mit Schwefelsäure löste schnell sich

in Salzsäure auf. Nach einer halben Stunde erschien auch Strontian, und nach 4 Stunden war es in Menge vorhanden.

Als ganz auf dieselbe Art ein aus einem Ochsenmuskel geschnittener, 3 Zoll langer und $^1/_2$ Zoll breiter Streifen, positiv electrisirten salzsauren Baryt mit negativ-electrisirtem Wasser verband, wurde anfangs Natron, Ammoniak und Kalk in das Wasser hinüber geführt; nach $^5/_4$ Stunden war auch Baryt darin bemerkbar. In der positiven Röhre fand ich viel oxygenirte Salzsäure; in der negativen Röhre war keine Spur von Salzsäure, weder aus der Auflösung noch aus der thierischen Fiber hinübergetreten.

VI. Einige allgemeine Bemerkungen über diese Erscheinungen, und über die Art, wie das Zersetzen und das Hinüberführen geschieht.

Wenn wir die hier im Detail beschriebenen Thatsachen, welche die Zersetzungen und Hindurchführungen betreffen, die durch Electricität bewirkt werden, unter eine allgemeine Ansicht zusammenfassen wollen, so werden wir sie in der gewöhnlichen Sprache der Physik folgender Massen ausdrücken können: der Wasserstoff, die alkalischen Substanzen, die Metalle und gewisse Metalloxyde werden von den negativ-electrisirten Metallflächen angezogen und von den positiv-electrisirten Metallflächen zurückgestossen; dagegen [29] werden der Sauerstoff und die Säuren von den positiv-electrisirten Metallflächen angezogen und von den negativ-electrisirten Metallflächen abgestossen; und diese anziehenden und zurückstossenden Kräfte sind energisch genug, um die gewöhnlichen Wirkungen der Wahlverwandtschaft zu zerstören oder zu hemmen.[2])

Es ist das natürlichste, anzunehmen, dass die anziehenden und zurückstossenden Kräfte von Theil zu Theil derselben Art wirken, so dass diese Theile in der Flüssigkeit eine Leitung bilden, woraus eine Ortsveränderung entsteht, die durch sehr viele Thatsachen bewiesen ist. Auch habe ich, so oft ich alkalische Auflösungen untersuchte, durch welche Säuren waren hindurch geführt worden, jedes Mal in ihnen Säure gefunden, wenn an der anfänglichen Quelle noch einige Säure vorhanden war. Mit der Zeit macht zwar das Anziehungsvermögen der positiven Metallfläche die Zersetzung und das Hinüberführen vollständig, aber dies beeinträchtigt den Schluss nicht.

In dem Falle, wenn Wasser oder Auflösungen von Neutralsalzen die ganze Kette einnehmen, ist es möglich, dass, wenn ihre Bestandtheile geschieden werden, eine ganze Folge von Zersetzungen und Wiederznsammensetzungen durch die Flüssigkeit hindurch stattfindet. Für diese Annahme stimmen die Versuche, bei welchen Baryt durch Schwefelsäure, und bei welchen Salzsäure durch eine Anflösung von schwefelsaurem Silber hindurchgehen sollte; in ihnen traten die unauflöslichen Zusammensetzungen aus der Sphäre der electrischen Wirksamkeit heraus, und zugleich war das Vermögen, sie hinüber zu führen, zerstört. Aus mehrern andern Versuchen lässt sich derselbe Schluss ziehen. Die Magnesia und die Metalloxyde wurden, wie wir gesehen haben, über den angefeuchteten Amianth hinweg von der positiven zu der negativen Metallfläche geführt; bringt man aber ein drittes Gefäss mit gereinigtem Wasser zwischen die beiden andern in die Kette, so werden diese Substanzen nicht mehr in das negative Gefäss hinübergeleitet, sondern sinken in dem Zwischengefässe zu Boden. [30] Ich habe diese Versuche mehrere Mal wiederholt, und immer waren die Resultate völlig beweisend. In ein paar Versuchen schien Schwefelsäure in geringer Menge durch verdünntes Strontianwasser und Barytwasser hindurch zu gehen; ohne Zweifel wurde aber das Hinüberführen von einer dünnen Lage reinen Wassers verursacht, welche an der Oberfläche, wo die Kohlensäure eine Zersetzung bewirkte, entstanden war. Denn als in einem ähnlichen Versuche das Häutchen kohlensauren Baryts und die Flüssigkeit oft gerührt und hin und her bewegt wurden, erschien an der positiven Metallfläche keine Spur von Schwefelsäure.

Aus diesen allgemeinen Erscheinungen des Zersetzens und des Hinüberführens erklärt es sich ohne Schwierigkeit, auf welche Art der Sauerstoff und der Wasserstoff sich getrennt aus dem Wasser entwickeln. Der Sauerstoff eines Wassertheilchens wird von der positiven Metallfläche angezogen, der Wasserstoff von ihr abgestossen; umgekehrt zieht die negative Metallfläche den Wasserstoff des Theilchens an und stösst den Sauerstoff ab. Im Mittelpunkte des flüssigen Bogens muss daher nothwendig eine neue Verbindung unter den zurückgestossenen Materien vor sich gehen, es finde nun eine Reihe von Zersetzungen und Wiederzusammensetzungen von einer der electrisirten Metallflächen zur andern statt, oder die Theilchen der äussersten Punkte mögen

allein wirksam sein. Dieser Fall ist dem analog, welcher stattfand, als salzsaures Natron sich an den beiden Metallspitzen und destillirtes Wasser in dem Zwischengefässe zwischen beiden befand; hier stiess die positive Metallfläche die Salzsäure, die negative das Natron zurück, während in dem Zwischengefässe sich wieder salzsaures Natron zusammensetzte.[3])

Diese Thatsachen scheinen die Conjecturen des Herrn *Ritter* und einiger anderer über die Einfachheit des Wassers vollständig zu widerlegen, und die grosse Entdeckung des Herrn *Cavendish*, dass das Wasser ein aus Sauerstoff und Wasserstoff zusammengesetzter Körper ist, zu bestätigen. Herr *Ritter* hatte geglaubt, er erhalte aus dem Wasser Sauerstoff ohne Wasserstoff, wenn er es mit der negativen Metallfläche durch Schwefelsäure in Verbindung setze; allein in diesem Falle [31] wird der Schwefel abgeschieden, der Sauerstoff der Säure und der Wasserstoff des Wassers werden beide zurückgestossen, und es entsteht aus ihnen eine neue Zusammensetzung.

Ich habe versucht, einige Zersetzungen und Hinüberführungen durch gewöhnliche Electricität zu bewirken. Dazu diente mir eine Nairnesche Electrisirmaschine, welche der Royal Institution gehört und deren Cylinder 15 Zoll im Durchmesser und 2 Fuss in der Länge hat. Als ich durch denselben Apparat, der mir zu den Zersetzungen vermittelst der Voltaischen Säule dient, einen starken Strom Electricität 4 Stunden lang durch eine Auflösung von schwefelsaurem Kali sanft hatte hindurchströmen lassen, war darin keine Wirkung wahrzunehmen.

Als ich dagegen nach Art des Dr. *Wollaston**) Spitzen von schöner Platina, die nur $^1/_{70}$ Zoll im Durchmesser hatten und in Glasröhren befestigt waren, zu dem Versuche nahm, sie in kleinen Gefässen, welche 3 bis 4 Gran schwefelsaurer Kaliauflösung enthielten und durch genässten Asbest verbunden waren, einander näherte, und positive und negative Electricität der Maschine durch sie diesen Auflösungen zuführte, ersehien in weniger als 2 Stunden Kali um die negativ-electrisirte Spitze. — Bei einem andern ähnlichen Versuche wurde Schwefelsäure über den genässten Asbest hinweg in Wasser geführt.

---

*) Phil. Trans. 91, 427.

Es ist also kein Zweifel, dass nicht für die gewöhnliche Electricität dasselbe hier dargestellte Princip der Wirksamkeit gilt, wie für die Voltaische Electricität.*)

[32]

VII. Allgemeine Grnndgesetze der chemischen Veränderungen, welche die Electricität hervorbringt.

Dass verschiedene Körper, welche man miteinander in Berührung bringt, und dann trennt, entgegengesetzte Zustände von Electricität zeigen, hatte schon *Bennet* durch Versuche dargethan; doch ist es *Volta*, dem wir eine dentliche Entwickelung dieser Thatsache verdanken. Er hat sie anf eine bestimmte Art dargestellt an Kupfer nnd Zink und an andern Metallen, welche er paarweise mit einander in Berührung brachte; zugleich hat er angenommen, dass dasselbe Verhalten auch zwischen Metallen und Flüssigkeiten stattfinde.

Bei einer Reihe von Versuchen, welche ich im Jahre 1801**) über den Bau von electrischen Verbindungen aus abwechselnden Lagen eines Metalles und verschiedener Flüssigkeiten angestellt habe, beobachtete ich, dass, wenn man flüssige Säuren oder Alkalien zu Elementen dieser Instrumente nimmt, die flüssigen Alkalien stets die Electricität von dem Metalle erhalten,

---

*) Dies hatte sich bezüglich der Zersetzung des Wassers aus Dr. *Wollastons* wichtigen Untersuchungen ergeben. — Indem ich sorgfältig Funken vermied, vermochte ich beide Bestandtheile in getrenntem Zustande zu erhalten. Bei einem Versuche, wo eine feine, in Glas befestigte Platinspitze durch einen einfachen Draht mit dem positiven Conductor dieser Maschine verbunden war, und isolirt in destillirtes Wasser getaucht wurde, wobei die Electricität mittelst feuchter Baumwollfasern in der Atmosphäre zerstreut wurde, erschien Sauerstoff nebst etwas Stickstoff; wurde derselbe Apparat am negativen Conductor angebracht, so wurde Wasserstoff nebst einer Spur Sauerstoff und Stickstoff entwickelt. Jedoch machte in keinem Falle das fremde Produkt, der Stickstoff in dem einen, und der Stickstoff und Sauerstoff in dem anderen Falle mehr als $\frac{1}{30}$ von dem Volum des Gases aus. Es ist daher aller Grund zur Annahme vorhanden, dass diese von der gewöhnlichen Luft herrührten, die im Wasser aufgelöst war. Dieses Ergebniss erschien mir im Jahr 1803, wo ich es zuerst beobachtete, sehr dunkel; jetzt ist es leicht zu erklären. Die anderen Bestandtheile müssen an den Spitzen sich entwickelt haben, wo die Zerstreuung der Electricität stattfand.[4])

**) Phil. Trans. 91, 397.

die Säuren dagegen immer die Electricität dem Metalle überlassen. Wenn so z. B. die Elemente zusammengesetzt waren aus Zinn, Wasser, Kaliauflösung, ging der Kreislauf der Electricität vom Wasser zum Zinne und vom Zinne zur Kaliauflösung; waren die Elemente dagegen schwache Salpetersäure, Wasser und Zinn, so strömte die Electricität von der Säure zum Zinne und vom Zinne zum Wasser.

Dieses Grundgesetz scheint in unmittelbarem Zusammenhange mit den allgemeinen Phänomenen der Zersetzung und der Hinüberführung zu stehen, welche wir in dem Vorhergehenden genauer kennen gelernt haben.

[33] In dem einfachsten Falle der electrischen Wirkung müsste demgemäss bei diesen Phänomenen das Alkali, welches stets Electricität von dem Metalle, auf Kosten desselben empfängt, in Beziehung auf das Metall positiv electrisch sein, während die Säure, welche dem Metalle Electricität abtritt, in Beziehung auf dasselbe negativ electrisch wäre; und da dann diese Substanzen in Beziehung auf die Metalle, die Eine eine positive, die Andere eine negative electrische Kraft besässen, so müssten sie auch, wie es scheint, in ihren attractiven und repulsiven Functionen denselben Gesetzen der Anziehung und Zurückstossung als die gewöhnliche Electricität unterworfen sein. Der mit der positiven Kraft begabte Körper, das Alkali, müsste durch die positiv-electrisirten Flächen zurückgestossen, und von den negativ-electrisirten Flächen angezogen werden, indess bei dem Körper, der die negative Kraft besitzt, die Säure, die umgekehrte Art des Verhaltens stattfände.

Ich habe eine Menge Versuche angestellt, um über diese Idee Licht zu verbreiten und ihnen eine ausgedehnte Anwendung zu geben; alle haben die Analogie auf eine überraschende Art bestätigt.

Gut gebrannte Holzkohle, Wasser, Salpetersäure, und ebenso Holzkohle, Wasser, Natronlauge, waren deutlich wirksam, als ich Säulen von 20 Schichtungen aus den ersten und ebenso aus den zweiten aufgebaut hatte. In der einen Säule gab das Alkali seiner Seite die positive, in der andern die Säure ihrer Seite die negative Kraft. Von Zink, nasser Pappe, und angefeuchtetem gebrannten Kalk gaben 40 Lagen eine schwache electrische Säule, die aber bald ihre Kraft verlor; die Wirkung des Kalkes war in ihr der des Alkali ähnlich.

Um mich womöglich von dem electrischen Zustande einer einzelnen flüssigen Säure und einer einzelnen isolirten alkalischen Auflösung, nach ihrer Berührung mit Metallen zu belehren, habe ich zu verschiedenen Malen mit den allerempfindlichsten Instrumenten Versuche angestellt, mit [34] *Cuthbertson*'s condensirendem Electrometer, mit *Cavallo*'s Multiplicator und mit einer sehr empfindlichen electrischen Torsionswage, die nach *Coulomb*'s Grundsätzen gemacht war; der Erfolg war indess nicht genügend. Die Verdunstung, die chemische Wirkung, und die Adhäsion der Flüssigkeiten an den Oberflächen der gebrauchten Metalle, machten, dass kein deutliches Resultat erfolgte, oder dass die Quelle der Electricität zweifelhaft blieb. Ich will hier weder das Detail der Verfahrungsarten und der Versuche beschreiben, noch mich darauf einlassen, aus diesen eigensinnigen und zweifelhaften Erscheinungen Folgerungen zu ziehen, die sich mit völliger Ueberzeugung aus deutlichen und bestimmten Erscheinungen ableiten lassen.

Die trockenen Alkalien und diejenigen Säuren, welche in fester und trockener Gestalt bestehen können, geben nämlich in der Berührung mit den Metallen sehr merkliche Electricitäten, welche sich an einem Goldblatt-Electrometer, das mit einer kleinen condensirenden Platte versehen ist, sehr bestimmt äussern.

So oft ich Sauerkleesäure, oder Bernsteinsäure, oder Benzoesäure, oder Boraxsäure, die vollkommen trocken sind, sie mögen nun in Gestalt eines Pulvers, oder in Krystallen sein, mit einer Kupferscheibe, die mit einem isolirenden Glasstiel versehen ist, in einer bedeutenden Fläche berühre, findet sich jedesmal das Kupfer positiv, die Säure negativ electrisch.[5]) Bei günstiger Witterung, und wenn das Electrometer in sehr gutem Stande ist, reicht eine einzige Berührung des Kupfers hin, um eine merkbare Ladung hervorzubringen, und selten bedarf es dazu ihrer mehrere als fünf oder sechs. Andere Metalle, mit denen ich den Versuch wiederholt habe, z. B. Zink und Zinn, hatten dieselbe Wirkung. Die positive Ladung des Metalles scheint gleich stark zu sein, die Säure mag auf Glas isolirt sein oder mit der Erde in Verbindung stehen.

Feste Phosphorsäure, welche stark geglüht und dann vor Berührung der Luft sorgfältig geschützt worden war, machte eine isolirte Zinkscheibe durch vier Berührungen

positiv-electrisch; [35] hatte sie aber einige Minuten lang an der Luft gestanden, so war dieses ihr Vermögen verschwunden.

Nach der Berührung von trockenem Kalk, von Strontion und von Magnesia war das Metall negativ, und eine einzige Berührung in einer grossen Fläche reichte hin, um den Metallscheiben eine bedeutende Ladung zu geben. Die Erden, welche zu diesen Versuchen dienten, hatten die Gestalt eines Pulvers, und waren mehrere Tage zuvor sorgfältig bereitet und in Glasflaschen verschlossen worden. Es gehört wesentlich zum Glücken des Versuchs, dass man, bevor man sie gebraucht, sie die Temperatur der Atmosphäre annehmen lässt. In einigen Versuchen, die ich mit ihnen während des Erkaltens nach dem Glühen gemacht habe, zeigten sie sich stark electrisch, und die Metalle, mit welchen ich sie berührte, wurden positiv-electrisch.

Auch über die Berührung des Kali und des Natrons mit Metallen habe ich mehrere ähnliche Versuche angestellt. Nicht in einem einzigen gab mir das Kali genügende Resultate; die grosse Verwandtschaft desselben zum Wasser scheint ein unübersteigliches Hinderniss bei allen Versuchen zu sein, welche damit an der Luft angestellt werden. Das Natron wirkte bei dem einzigen Versuche, in welchem die Electricität sich entwickelte, ebenso auf das Metall als Kalk, Strontion und Magnesia. Das Natron war bei diesem Versuche mit der höchsten Sorgfalt bereitet worden, hatte eine Stunde lang in einem Platintiegel in der Rothglühehitze gestanden, war dann in dem über Quecksilber umgestürzten Tiegel erkaltet, und wurde unmittelbar nach Wegnahme desselben mit einer isolirten Zinkplatte berührt. Der Versuch geschah an offener Luft, die Witterung war ausserordentlich trocken, und das Thermometer stand auf 28° F., das Barometer auf 30,2 Zoll. Bei dem ersten Versuche luden sechs Berührungen das condensirende Electrometer. Bei dem zweiten waren zehn Berührungen nöthig, um dieselbe Wirkung hervorzubringen, und später, [36] das ist, nachdem in allem zwei Minuten verflossen waren, war keine Ladung mehr zu erhalten, und jedes Resultat blieb aus.

Bei der Zersetzung der Schwefelsäure durch die Voltaische Electricität scheidet sich der Schwefel an der negativen Seite ab. Es ist aus den Versuchen mehrerer Physiker bekannt, dass beim Reiben von Schwefel mit Metallen der Schwefel positiv-, das Metall negativ-electrisch wird. Ich habe

dasselbe Resultat erhalten, als ich einen Schwefelkuchen, der nicht erregt worden war, mit einem isolirten Metalle berührte. *Wilke* behauptete, das Blei mache hierbei eine Ausnahme, und mache den Schwefel beim Reiben negativ; allein bei Versuchen, die ich mit der höchsten Sorgfalt angestellt habe, gab mir neu polirtes Blei dasselbe Resultat, als die andern Metalle*): immer wurde Schwefel, den ich daran rieb oder schlug, positiv. Wahrscheinlich rührt Herrn *Wilke*'s Irrthum daher, dass er angelaufenes Blei genommen hat: denn Schwefel an Bleiglätte oder an Blei gerieben, das der Luft lange ausgesetzt gewesen ist, wird, wie ich gefunden habe, negativ. Da also diese Ausnahme wegfällt, so unterstützen alle Thatsachen das allgemeine Grundgesetz.**)

[37] Diesem allgemeinen Grundgesetze entsprechend, müsste der Sauerstoff in Beziehung auf die Metalle mit einem negativen, und der Wasserstoff in Beziehung auf die Metalle mit einem positiven Vermögen versehen sein. Dieses liess sich durch keine unmittelbaren Versuche der Berührung darthun; die Wirkungen der Körper, deren Hauptbestandtheile diese einfachen Stoffe sind, dienen indess diese Idee auf das beste zu bestätigen. So habe ich gefunden, dass

*) Da der Schwefel ein Nichtleiter ist, welcher durch ein unbedeutendes Reiben, oder durch eine kleine Temperatur-Veränderung electrisch werden kann, so bedarf es einiger Aufmerksamkeit, um aus Versuchen mit ihm richtige Folgerungen zu erhalten. Unmittelbar nach dem Erwärmen giebt er den Metallen eine positive Ladung, worin er mit den Alkalien übereinstimmt, und eine leichte Berührung mit trockner Hand reicht hin, ihn negativ zu machen. Auch muss man bei Versuchen dieser Art sorgfältig darauf sehen, dass die Metallscheibe aller Electricität beraubt sei. Eine gut polirte Scheibe Kupfer oder Zink wird schon dadurch, dass man sie auf einen Tisch von Mahagonyholz setzt, negativ-electrisch, wie ich mehrmals gefunden habe.

**) Flüssige concentrirte Phosphorsäure wird von der Voltaischen Electricität zersetzt, indem der Phosphor sich mit dem negativ-electrischen Metalle zu einem Phosphor-Metalle verbindet; wenigstens war das der Erfolg in zwei Versuchen, welche ich mit Platin und mit Kupfer angestellt habe. Nach allen Analogien zu urtheilen, hat diese verbrennliche Substanz in Beziehung auf die Metalle dieselbe Art von electrischer Kraft als der Schwefel. Ich habe ohne Erfolg einige Versuche über die Berührung des Phosphors mit Metallen angestellt; höchst wahrscheinlich ist das langsame Verbrennen desselben an der Luft der Grund, warum sie missglücken. In den Gasarten, welche entweder gar keinen oder keinen locker gebundenen Sauerstoff enthalten, dürfte doch immer die Verdünstung des Phosphors hinderlich werden.

in electrischen Säulen aus einer erregenden Flüssigkeit, einem Metalle und Wasser, Schwefel-Wasserstoff-Wasser geradeso wirkt, wie alkalische Auflösungen, und dass flüssige oxygenirte Salzsäure ihnen viel mehr Kraft, als die allerconcentrirteste Salzsäure giebt; beides lässt sich auf keine andere Art begreifen, als, das erste aus der Wirkung des gebundenen Wasserstoffs, und das andere aus der Wirkung des gebundenen Sauerstoffs. Dieses wird vollkommen durch die Wirkung der flüssigen Schwefel-Wasserstoff-Alkalien bestätigt; sie äussern in Hinsicht der Metalle das positive Vermögen in einem sehr hohen Grade. Ich habe bei meinen Versuchen mit Säulen aus einem Metalle und aus Flüssigkeiten gefunden, dass diese flüssigen Schwefel-Wasserstoff-Alkalien im Allgemeinen viel wirksamer als die blossen alkalischen Laugen sind, besonders mit Kupfer, Silber und Blei. Bei einem Versuche, den ich im Jahre 1802 mit Verbindungen aus Kupfer, Eisen und flüssigem Schwefel-Wasserstoff-Kali angestellt habe, zeigte sich, dass die positive Energie des Schwefel-Wasserstoff-Kali in Beziehung auf Kupfer so gross ist, dass sie die des Eisens übertrifft, so dass hier die Electricität nicht, wie gewöhnlich, vom Kupfer zum Eisen und vom Eisen in die Flüssigkeit, sondern umgekehrt vom Kupfer in das Schwefel-Wasserstoff-Kali und von diesem in das Eisen circulirte.

Alle diese Details begründen das Princip auf [38] eine unwiderlegliche Art. Es lässt sich beinahe für eine blosse Zusammenreihung der Thatsachen nehmen, und wie es scheint, bedarf es nur etwas erweitert zu werden, um allgemeiner Anwendung fähig zu sein.

Wenn zwei Körper gegen einen dritten entgegengesetzte electrische Kräfte zeigen, so dürfen wir ohne Bedenken schliessen, dass sie auch in ihrer gegenseitigen Beziehung, einer auf den andern, entgegengesetzte electrische Kräfte besitzen. Dieses bewährte sich mir bei einem Versuche mit Kalk und Sauerkleesäure. Ein trockenes Stück Kalk, aus dichtem und sehr reinem Flötzkalkstein gemacht, der so geschnitten war, dass er eine grosse ebene Fläche hatte, wurde durch wiederholte Berührung mit Krystallen von Sauerkleesäure positiv-electrisch; als ich dagegen die Krystalle auf das condensirende Electrometer gelegt hatte und sie mehrmals mit dem Kalksteine berührte, der nach jeder Berührung entladen wurde, divergirten die Goldblättchen mit negativer

Electricität. Durch die Berührung der Säure und durch die des Alkali mit dem Metalle entstand aber gerade ein Bestreben nach dem entgegengesetzten Erfolge: beide müssen also sehr stark aufeinander eingewirkt haben.

Wir dürfen nach allem diesem gewiss nicht befürchten, die Analogie zu weit zu treiben, wenn wir annehmen, dass alle Säuren und überhaupt der Sauerstoff, sowie von der andern Seite alle Alkalien und der Wasserstoff, in einerlei Art von electrischen Beziehungen stehen, und dass, (was die Zersetzungen und Veränderungen betrifft, welche die Electricität bewirkt,) Körper, welche von Natur chemisch miteinander verwandt sind, dessen ungeachtet sich miteinander zu verbinden oder in Verbindung zu bleiben unfähig werden, sobald sie sich in einem electrischen Zustande befinden, der von der natürlichen Ordnung verschieden ist. So trennen sich die Säuren, wie wir gesehen haben, in dem positiven Theile des flüssigen Bogens von selbst von den Alkalien, und der Sauerstoff von dem Wasserstoffe; und an der negativen Seite vereinigen sich weder die Metalle mit dem Sauerstoffe, noch bleiben die Säuren mit den Metalloxyden verbunden. Durch dieses Mittel scheinen die anziehenden [39] und abstossenden Kräfte von den Metall-Oberflächen durch das ganze flüssige Mittel hindurch mitgetheilt zu werden.

VIII. Ueber den Zusammenhang zwischen den electrischen Kräften der Körper und ihre chemischen Verwandtschaften.

Die chemische Anziehung zwischen zwei Körpern lässt sich nicht bloss, wie es scheint, vernichten, dadurch, dass man den einen in einen electrischen Zustand versetzt, der von seinem natürlichen Zustande verschieden ist, das heisst, indem man ihn durch Kunst in einen gleichartigen electrischen Zustand mit dem andern versetzt; sondern man kann umgekehrt auch diese chemische Anziehung verstärken, indem man die natürliche Energie eines Körpers erhöht. Während so z. B. das Zink, das oxydirbarste aller Metalle, unfähig ist, sich mit dem Sauerstoffe zu verbinden, so lange er in dem Kreise der Säule negativ, selbst nur durch eine schwache Kraft, electrisirt wird, vereinigt sich das Silber, eins der am schwersten zu oxydirenden Metalle, sehr willig

mit dem Sauerstoffe, wenn es in dem Kreise positiv electrisirt ist. Dasselbe lässt sich von den übrigen Metallen sagen.

Alle Körper, die sich chemisch mit einander verbinden, und deren electrische Kräfte wohl bekannt sind, geben in ihrer Berührung untereinander entgegengesetzte electrische Zustände. Beweise davon sind Kupfer nnd Zink; Gold und Quecksilber; Schwefel und die Metalle; Säuren und Alkalien. Angenommen daher, ihre kleinsten oder elementaren Theilchen könnten sich mit vollkommener Freiheit bewegen, so würden sie sich, dem hier entwickelten Grundgesetze gemäss, gegenseitig zu Folge ihrer electrischen Kräfte anziehen müssen. Es würde bei dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse umsonst sein, die entferntere Ursache der electrischen Kraft, oder den Grund auffinden zu wollen, warum zwei verschiedene Körper in ihrer Berührung sich entgegengesetzt electrisirt finden. Der Zusammenhang ihrer Electricität mit ihrer chemischen Verwandtschaft liegt dagegen ziemlich klar am Tage. Sollte es nicht möglich sein, dass sie überhaupt einerlei mit der Verwandtschaft nnd eine wesentliche Eigenschaft der Materie wäre?

[40] Die belegten Glasscheiben *Beccaria*'s hängen stark aneinander, wenn sie entgegengesetzt geladen werden, und wenn man sie wieder trennt, so haben sie noch ihre Ladung. Diese Thatsache hat viel Analogie mit dem Gegenstande, den wir hier behandeln; auch von den verschiedenartigen Theilchen muss man annehmen, dass sie in ihrem besondern Zustande von Energie bleiben, indem sie sich mit einander verbunden haben. Bei einer Untersuchung, welche noch in ihrer ersten Kindheit ist, darf man zwar in diese Hypothese kein unbegrenztes Vertrauen setzen; sie scheint indess als eine natürliche Folge aus den Thatsachen zu fliessen, und mit den Gesetzen der Verwandtschaft zusammen zu fallen, wie sie von den neuern Chemikern mit so vielem Scharfsinne sind entwickelt worden, und auf die es leicht ist, von ihr eine allgemeine Anwendung zu machen.

Wir wollen zwei Körper annehmen, von denen die Theilchen des einen mit denen des andern sich in einem entgegengesetzten electrischen Zustande befinden, und setzen, diese Zustände wären so kräftig, dass die verschiedenartigen Theilchen sich mit einer Kraft anzögen, welche ihre Aggregationskräfte an Stärke übertreffe. Es wird eine Verbindung entstehen, die mehr oder minder innig ist, je nachdem die Kräfte

in ein mehr oder minder vollkommnes Gleichgewicht treten, und die Veränderung ihrer Eigenschaften wird diesem entsprechen. Das wäre der einfachste Fall der chemischen Vereinigung.

Nun aber sind verschiedene Körper, welche gegen einen dritten insgesammt dieselbe electrische Kraft haben, in dem Grade dieser Kraft verschieden. So haben die verschiedenen Säuren gegen dasselbe Metall eine verschiedene negative, und die Alkalien gegen dasselbe Metall eine verschiedene positive Kraft. Schwefelsäure hat zum Beispiel eine grössere Kraft mit Blei als Salzsäure, und Kalilauge wirkt kräftiger mit Zinn als eine Natronlauge. Auch können diese Körper dabei in Beziehung aufeinander selbst in demselben Zustande sein, einander folglich zurückstossen, wie in den eben angeführten Beispielen, oder sie können neutral sein, oder endlich sich anziehen, indem sie sich in Beziehung auf einander in entgegengesetzten Zuständen befinden, wie das bei Schwefel und Alkali, welche dieselbe Art von Energie in Beziehung auf die Metalle haben, der Fall zu sein scheint.

[41] Wenn zwei Körper, die sich gegenseitig abstossen, auf einen dritten Körper mit verschiedenen Graden von einerlei electrischer Kraft anziehend wirken, so wird die Verbindung durch den Grad der Kraft bestimmt, und die mit der schwächsten Energie versehene Substanz wird zurückgestossen werden. Dieses Princip giebt uns die Ursache der Wahlverwandtschaften und der Zersetzungen, welche sie bewirkt.

Wenn aber Körper, welche verschiedene Grade derselben Energie in Beziehung auf einen dritten Körper äussern, auch unter einander entgegengesetzte Kräfte haben, so kann ein Gleichgewicht anziehender und zurückstossender Kräfte statt finden, welches fähig ist, eine dreifache Verbindung hervorzubringen. Will man dieses weiter ausdehnen, so ist es leicht, daraus alle noch zusammengesetzteren chemischen Verbindungen zu erklären.

Es würde keine Schwierigkeit haben, diese Ansicht durch Anwendungen in bestimmten Zahlen noch weiter aufzuklären, und sie überhaupt auf alle Fälle chemischer Verwandtschaften auszudehnen. Bei dem jetzigen Zustande dieser Untersuchung würde es indess voreilig sein, dem hypothetischen Theile des Gegenstandes eine grössere Ausdehnung zu geben. Doch erklärt sich schon aus der allgemeinen Idee sehr einfach der Einfluss der Massen der wirkenden Substanzen auf die Ver-

wandtschaften, wie ihn die Versuche des Herrn *Berthollet* dargethan haben. Denn die vereinte Wirkung mehrerer Theilchen, von schwacher electrischer Energie, kann sehr wohl der von weniger Theilen von stärkerer electrischer Energie gleich kommen oder sie übertreffen. Die vorhin angeführten Thatsachen bestätigen diese Annahme, da eine concentrirte alkalische Lauge dem Hindurchgehen einer Säure vermöge der Electricität weit mächtiger, als eine schwache Lauge widersteht.

Zugegeben, dass die Verbindung von dem Gleichgewichte der natürlichen electrischen Kräfte der Körper abhängt, so muss es möglich sein, [42] ein Maass der künstlichen Kräfte zu finden, z. B. durch die von einer Electrisirmaschine, oder von einem Voltaischen Apparate hervorgebrachte Intensität und Menge, welche fähig ist, das Gleichgewicht aufzuheben. Ein solches Maass würde uns in den Stand setzen, eine Stufenleiter der electrischen Kräfte der Körper aufzufinden, wie sie den Graden der Verwandtschaft entsprechen.[6])

In dem durch Drähte und Wasser geschlossenen Kreise des Voltaischen Apparats nimmt die Kraft der entgegengesetzten Electricitäten von den Polardrähten nach dem Mittelpunkte des Wassers immer mehr ab, und dieser Mittelpunkt ist nothwendig neutral. Es wird wahrscheinlich nicht sehr schwierig sein, bei einer bedeutenden Länge von Wasser die Punkte anzugeben, wo die verschiedenen neutralen Zusammensetzungen anfangen, der Zersetzung nachzugeben oder ihr zu widerstehen. Eine Auflösung von schwefelsaurem Baryt erforderte in allen Fällen, in welchen ich sie versucht habe, unmittelbare Berührung der Poldrähte. Eine Auflösung von schwefelsaurem Kali gab, bei einer Kraft von 150 Lagen, keine Spur von Zersetzung, als es sich in einem 10 Zoll langen Bogen von Wasser, 4 Zoll von der positiven Spitze entfernt befand; dagegen wurde bei 2 Zoll Abstand ihr Alkali langsam zurückgestossen und ihre Säure angezogen.*)

Wenn Körper, welche man durch künstliche Mittel zu hohen Graden entgegengesetzter Electricität gebracht hat, ihr Gleichgewicht wechselseitig wieder herstellen, sind Wärme

*) Bei diesem Versuche befand sich das Wasser in einem runden Glasgefässe von 2 Zoll Tiefe; ein Stück Amianth, das ungefähr $^1/_8$ Zoll breit war, machte die Verbindung; die Salzauflösung füllte ein halbes Unzenmaass, und in den beiden Punkten, wo die Verbindung statt fand, war die Auflösung $^1/_4$ Zoll vom

und Licht die gewöhnlichen Folgen dieser Wiederherstellung des Gleichgewichts. Es lässt sich [43] daher anch der Umstand vielleicht zu Gnnsten der Theorie anführen, dass Wärme und Licht ebenfalls das Resultat aller intensiven chemischen Wirkungen sind; nnd dass, sowie in Voltaischen Batterien von einer gewissen Gestalt, in denen grosse Quantitäten Electricität von sehr geringer Intensität wirken, Hitze ohne Licht entsteht, so auch in den schwachen chemischen Verbindungen eine Vermehrung der Temperatur, ohne Lichterscheinungen statt findet.

Nach diesen Ideen lässt es sich leicht erklären, wie die Hitze die Verbindungen erleichtern und bewirken kann. Sie giebt häufig den kleinsten Theilchen eine freiere Beweglichkeit, nnd in vielen Fällen scheint sie die electrischen Kräfte der Körper zu erhöhen; wovon das Glas, der Tnrmalin und der Schwefel bekannte Beispiele geben. — Ich erhitzte miteinander eine isolirte Knpferscheibe und eine Scheibe ans Schwefel, und untersuchte ihre Electricitäten, als ihre Temperatur erhöht war. Bei 56° F. lassen diese Electricitäten sich selten an dem condensirenden Electrometer wahrnehmen; nnd jetzt bei 100° F. waren sie so stark, dass sie die Goldblättchen ohne Hülfe des Condensators zum Divergiren brachten. Je näher der Schwefel seinem Schmelzpunkte kam, desto stärker zeigten sie sich. Ein wenig über diesem Schmelzpnnkte vereinigen sich beide Körper sehr schnell unter Wärme- nnd Lichtentbindung wie das die Versnche der Amsterdamer Chemiker gelehrt haben.

Es lässt sich denken, dass ähnliche Wirknngen statt finden, indem Sanerstoff nnd Wasserstoff sich miteinander zn Wasser verbinden, einem Körper, der, wie es scheint, in Beziehung anf fast alle anderen Substanzen in Hinsicht der electrischen Kraft neutral ist; und eine ähnliche Erhöhung der Kräfte findet wahrscheinlich in allen Fällen des Ver-

---

Wasser entfernt. Ich gebe diese Umstände hier an, weil die Menge der Flüssigkeit und die Grösse ihrer Oberfläche auf diese Art von Versuchen Einfluss haben. Wasser, in heberförmigen Glasröhren eingeschlossen, bildet eine weit schlechtere Leitung als Wasser, das auf der Oberfläche eines faserigen nicht-leitenden Körpers verbreitet ist, auch wenn dieser Körper an Breite dem Durchmesser der Heberröhre weit nachsteht. Bei einigen meiner ersten Versuche bediente ich mich heberförmiger Glasröhren mit Wasser, sie standen aber in Wirkung dem Amianthe so weit nach, dass ich ihren Gebrauch sehr bald ganz aufgab.

brennens statt. Ueberhaupt, so oft die verschiedenen Kräfte stark sind und vollkommenes Gleichgewicht entsteht, müssen die Verbindung lebhaft, Hitze und Licht intensiv, und [44] das neu Verbundene in einem neutralen Zustande sein. Dieses findet in dem angeführten Beispiele statt, sowie bei der Vereinigung zwischen den Alkalien mit den mächtigen Säuren. Wenn dagegen die eine Kraft schwach und die andere stark ist, so müssen alle Wirkungen minder lebhaft sein, und das Verbundene, statt neutral zu werden, einen Ueberschuss der stärkern Energie zeigen.

Diese letztere Meinung wird durch alle Versuche bestätigt, welche ich über die electrische Kraft der zusammengesetzten Salze in Beziehung auf die Metalle habe anstellen können. Weder Salpeter, noch schwefelsaures Kali, noch salzsaurer Kalk, noch überoxygenirtsalzsaures Kali gaben einer Kupferscheibe oder einer Zinkscheibe die geringste electrische Ladung, wenn diese gleich mit ihnen in einer grossen Fläche wiederholt in Berührung gesetzt wurde. Halbkohlensaures Natron und Borax gaben dagegen diesen Metallen schwache negative, sowie Alaun und übersaurer phosphorsaurer Kalk eine schwache positive Ladung.

Wenn bei weiterer Untersuchung dieser Grundsatz sich allgemein bestätigt, so dürfte der Grad der electrischen Kräfte der Körper, den man durch sehr empfindliche Instrumente findet, zu neuen und folgenreichen Aufschlüssen über die Zusammensetzung der Körper führen.

IX. Ueber die Art, wie die Voltaische Säule wirkt; und Versuche, welche darüber Aufschluss geben.

Die Anziehung, welche die chemischen Wirkungsmittel von den positiven und negativen Oberflächen in dem Voltaischen Apparate erleiden, scheint die grosse Tendenz zu haben, das electrische Gleichgewicht wieder herzustellen. In einer Voltaischen Batterie aus Kupfer, Zink und Kochsalzwasser hört aller Kreislauf der Electricität auf, und ist das Gleichgewicht hergestellt, wenn das Kupfer an beiden Seiten mit dem Zinke in Berührung gesetzt wird; und der Sauerstoff und die Säuren, [45] welche vom positiv-electrischen Zinke angezogen werden, äussern ähnliche Wirkungen auf das Kupfer, wahrscheinlich jedoch in einem schwächern Grade; und da

sie fähig sind, sich mit dem Metalle zu verbinden, so erzeugen sie bloss ein momentanes Gleichgewicht.

Die electrischen Kräfte der Metalle eines in Beziehung auf das andere, oder der im Wasser aufgelösten Substanzen, scheinen in den Voltaischen und den ähnlichen Apparaten die Ursache der Aufhebung des Gleichgewichts zu sein. Die chemischen Veränderungen scheinen dahin zu streben, das Gleichgewicht wieder herzustellen; und höchst wahrscheinlich hängen die Erscheinungen, welche diese Apparate zeigen, von der vereinten Wirkung beider Ursachen ab.

In der Voltaischen Säule aus Zink, Kupfer und Kochsalzwasser, welche dem, was man die Bedingung ihrer electrischen Spannung genannt hat, gemäss angeordnet ist, sind die sich berührenden Kupfer- und Zinkscheiben in entgegengesetzten Zuständen von Electricität. Für eine Electricität von so schwacher Intensität ist Wasser ein isolirender Körper. Daher bewirkt jede Kupferscheibe in der ihr gegenüberstehenden Zinkscheibe eine Vermehrung positiver Electricität durch Vertheilung, und umgekehrt jede Zinkscheibe in der ihr gegenüberstehenden Kupferscheibe eine Vermehrung der negativen Electricität, und die Intensität wächst im Verhältnisse der Zahl, die Quantität im Verhältnisse der Grösse der Oberflächen, welche die Reihe ausmachen.

Wenn die beiden Enden miteinander in leitende Verbindung gesetzt werden, so streben die beiden entgegengesetzten Electricitäten, sich gegenseitig aufzuheben; doch nur, wenn die zwischen den Plattenpaaren befindliche Flüssigkeit unzersetzbar ist, lässt es sich denken, dass das Gleichgewicht wirklich hergestellt, und der Kreislauf der Electricität gehemmt werde. Da aber das Kochsalzwasser aus zwei Paar Elementen besteht, die entgegengesetzte electrische Kräfte haben, so werden der Sauerstoff und die Säure von dem Zinke, der Wasserstoff und das Alkali von dem Kupfer angezogen. Daher besteht nur für einen Augenblick ein Gleichgewicht der Kräfte. Das Zink wird aufgelöst, und der Wasserstoff [46] entbindet sich, die negative Kraft des Kupfers und die positive des Zinks entwickeln sich aufs neue, bloss geschwächt durch die entgegengesetzte Kraft des Natrons, welches das Kupfer berührt, und der Process der electrischen Bewegung dauert so lange fort, als die chemischen Veränderungen vorgehen können.

Diese Theorie vereinigt gewissermassen mit einander

die Hypothese *Volta*'s über die Wirksamkeit der Säule, und die Meinung, welche sehr viel engliche Physiker angenommen haben, der Galvanismus sei chemischen Ursprungs; sie wird überdies durch eine Menge anderer Thatsachen und Erfahrungen bestätigt und verstärkt.[7])

So äussert eine Voltaische Säule von 20 Plattenpaaren Kupfer und Zink keine dauernde electrische Kraft, wenn der feuchte Leiter von Luft befreites Wasser*) ist; denn dieses erleidet keine schnelle chemische Veränderung, und das Gleichgewicht scheint sich durch dasselbe auf eine dauernde Art herstellen zu können. Auch concentrirte Schwefelsäure ist ohne Wirkung, ob sie gleich lange kein so schlechter Leiter als das Wasser ist. Denn auch sie wirkt nur wenig auf das Zink und kann nur durch eine starke Kraft selbst zersetzt werden. Die Säulen, welche als feuchten Leiter reines Wasser oder concentrirte Schwefelsäure enthalten, werden unstreitig Schläge geben; eine Wirkung, welche mit der Wiederherstellung des Gleichgewichts, das durch die Kraft der Metalle aufgehoben ist, in Verbindung steht: wenn aber die Endplatten dieser Säulen miteinander verbunden sind, so findet in ihnen keine Electromotion wie in den gewöhnlichen Fällen statt. Wasser, worin schwach gebundener Sauerstoff sich befindet, ist wirksamer als solches, welches atmosphärische Luft enthält, weil es eine [47] schnellere Oxydation des Zinks und diese in grösserer Menge bewirkt. Die gleich anfangs sehr kräftigen Auflösungen von Neutralsalzen verlieren ihre Kraft, sowie ihre Säure sich allmählich immer mehr an der Seite des Zinks und ihr Alkali an der Seite des Kupfers ansammeln. Ich habe bemerkt, dass die Kräfte eines Trogapparats, welche aus diesem Grunde beinahe erschöpft waren, wieder auflebten, als ich bloss die Flüssigkeit in den Zellen hin- und herbewegte und ihre Theilchen untereinander mengte. Die verdünnten Säuren, welche selbst leicht zersetzt werden, oder die Zersetzung des Wassers befördern, übertreffen alle anderen Substanzen an Wirksamkeit; denn sie lösen den Zink auf, und geben an den negativen Flächen bloss ein Gas, welches im Augenblicke der Entbindung entweicht.

*) Die Versuche, welche diese Thatsache und die ähnlichen hier erwähnten beweisen, finden sich ausführlich dargestellt in Nicholsons Journal 4, 338 und 394, und Phil. Mag. 10, 40.

Es giebt noch einige andere sehr überraschende Versuche, welche darauf führen, dass die Zersetzung des chemischen Auflösungsmittels zur Unterhaltung der electromotorischen Wirksamkeit der Säule wesentlich nothwendig ist.

Da eine empfindbare Wärme entsteht, so oft eine Voltaische Batterie durch kleine Metallflächen entladen wird, während die entgegengesetzten Zustände sehr erhöht sind, so führte mich das auf die Meinung, dass, im Falle die Zersetzung der chemischen Wirkungsmittel zum Gleichgewichte der entgegengesetzten Electricitäten wesentlich erfordert würde, die Wirkung dieser Zersetzung in einer Salzauflösung, und des Hinüberführens des Alkali auf die negative und der Säure auf die positive Seite unter günstigen Umständen mit einer Erhöhung der Temperatur verbunden sein müsse.

Um dieses zu prüfen, brachte ich die oft erwähnten Kegel aus Gold in den Kreis einer Säule aus 100 Plattenpaaren, füllte sie mit destillirtem Wasser, und verband sie miteinander durch ein Stück genässten Asbestes von ungefähr 1 Zoll Länge und $^1/_6$ Zoll Durchmesser. Ich hatte mich mit einem Lufthermometer versehen, welches so klein war, dass [48] es sich in die Kegel hineinsetzen liess; denn ich erwartete nur eine sehr kleine Temperatur-Veränderung, wenn überhaupt eine statt finden sollte. Nun liess ich in den Kegel der positiven Seite einen Tropfen einer Auflösung schwefelsauren Kali's fallen. Die Zersetzung begann im Augenblicke; das Kali ging schnell in den Kegel der negativen Seite hinüber; die Wärme äusserte sich unmittelbar, und in weniger als 2 Minuten war das Wasser in einem Zustande von Kochen.

Als ich diesen Versuch mit einer Auflösung von salpetersaurem Ammoniak wiederholte, stieg die Hitze bis zu einer solchen Stärke, dass alles Wasser in 3 bis 4 Minuten mit einem einer Explosion ähnlichen Geräusche verdampfte, und dass endlich eine wahre Entzündung erfolgte, in der der grösste Theil dieses Salzes sich zersetzte und verflog.*)

Es ist aus den Umständen klar, dass die Vermehrung des Leitungsvermögens des Wassers durch den Tropfen der

*) Bei diesem Versuche entband sich das Ammoniak schnell an der Oberfläche des Kegels der negativen Seite und die Salpetersäure an der Oberfläche des Kegels der positiven Seite, und indem sie sich in der Atmosphäre über dem Apparate verbanden, entstand dort ein weisslicher Dunst.

Salzauflösung nur wenig oder gar nichts zu der Wirkung beiträgt. Ich brachte in die Kegel zugleich sehr starke Kalilauge und concentrirte Schwefelsäure. Beide sind sehr viel bessere Leiter als die Auflösungen von Neutralsalzen; sie hatten aber nnr eine sehr wenig wahrzunehmende Wirkung.

Dieselben Grnndsätze lassen sich anf alle Arten des electromotorischen Apparats anwenden, er bestehe aus Paaren verschiedener fester Platten oder ans Einer Art fester Platten nnd aus zwei verschiedenen Flüssigkeiten; nnd sind die Ideen richtig, welche ich in den vorhergehenden Abschnitten entwickelt habe, so folgt aus ihnen, dass einerlei Eigenschaft, welche unter verschiedenen Modificationen wirkt, Ursache der Wirksamkeit aller dieser Apparate ist.

[49]

X. Einige allgemeine Erläuterungen und Anwendnngen der vorstehenden Grundsätze. Schluss.

Die Ideen, welche ich soeben im Allgemeinen anseinandergesetzt habe, sind, wie man sieht, im Widerspruche mit der Meinung *Fabroni*'s, die beim Bekanntwerden der Voltaischen Säule ausserordentlich wahrscheinlich schien, dass nämlich die chemischen Veränderungen die ursprünglichen Ursachen der galvanischen Erscheinungen sind.

Ich war dieser Meinung bis anf gewisse Punkte beigetreten zu einer Zeit, als die Versnche des Herrn *Volta* über die Electricität, welche durch gegenseitige Berührung der Metalle erregt wird, noch nicht in das Publikum gekommen waren. Neue Thatsachen gaben mir indess bald den Beweis, dass hier nothwendig eine andere Kraft thätig sein müsse. Einer chemischen Veränderung liess sich die Electricität, welche sich in der gegenseitigen Berührung zweier Metallflächen entwickelt, schon aus dem Grunde nicht znschreiben, weil in einer trockenen Atmosphäre, in der selbst die oxydirbarsten Metalle nnverändert bleiben, diese Electricität weit stärker erscheint, als in einer feuchten Atmosphäre, in der mehrere Metalle eine chemische Veränderung erleiden.

Eine zweite Thatsache, welche mich überzeugte, dass hier eine andere Kraft wirke, ist folgende. In einem Voltaischen Apparate, der aus verdünnter Salpetersäure, Zink und Knpfer besteht, ist die Seite des Zinks, auf welche die Säure wirkt, positiv; in einem Apparate dagegen, der aus Zink, Wasser und verdünnter Salpetersäure zu-

sammengesetzt wird, ist die dieser Säure ausgesetzte Oberfläche des Zinks negativ. Wäre die chemische Einwirkung der Säure auf den Zink die Ursache der Electricität, so müsste die Electricität in beiden Fällen dieselbe sein.

Ferner entsteht in dem Falle einer einfachen chemischen Veränderung nie Electricität. Eisen in Sauerstoffgas verbrannt, das mit einem condensirenden Electrometer auf eine schickliche Weise verbunden ist, giebt dem Electrometer während des Processes keine Spur von Ladung. Salpeter und Holzkohle, welche, während sie miteinander verpuffen, [50] mit demselben Electrometer in Verbindung stehen, bringen die Goldplättchen nicht im Mindesten zum Divergiren. Indem reines festes Kali in einem isolirten Platintiegel sich mit Schwefelsäure verbindet, entsteht kein Zeichen von Electricität. — Zwar wird festes Wismuth-Amalgam mit festem Blei-Amalgam vermischt flüssig; dieses scheint mir indess auf Verminderung der Wärmecapacität, und nicht auf Entwickelung und Wirkungen der Electricität zu beruhen. Eine dünne Zinkplatte, die auf Quecksilber gebracht und isolirt wieder abgehoben wird, fand sich positiv und das Quecksilber negativ; die Wirkungen sind stärker, wenn man die Metalle erhitzt; lässt man sie aber lange genug miteinander in Berührung, dass sie sich amalgamiren, so giebt die Verbindung beider kein Zeichen von Electricität. Ich könnte noch eine grosse Menge anderer Fälle rein chemischer Wirkung anführen, bei denen ich alle Mittel, die in meiner Macht standen, angewendet habe, um diese Thatsache ausser Streit zu setzen, und die mir alle dasselbe Resultat gegeben haben. Zwar wird bei Aufbrausungen, zumal wenn die Masse sich stark erhitzt, das Metallgefäss, in welchem sie vorgehen, negativ; Veränderung des Aggregatzustandes eines Körpers, unabhängig von einer chemischen Veränderung, ist indess ein Phänomen, welches mit der Verdünstung in Zusammenhang steht und sich nach andern Gesetzen als die chemischen Wirkungen richtet.*)

[51] Ich habe die Glasplatten *Beccaria*'s als eine Vorrichtung

*) Die Veränderung der Capacität der Körper, als Folge von Veränderungen ihrer Voluminum oder ihrer Aggregatzustände durch die Wärme, ist eine beständige Quelle von electrischen Wirkungen, und dadurch, wie ich weiter oben bemerkt habe, ein grosses Hinderniss bei den Versuchen über die electrischen Kräfte der Körper, die sich in der Berührung äussern. Das

angeführt, die etwas Aehnliches zeigt, als eine Verbindung vermöge der verschiedenen electrischen Zustände der Körper. Es wird behauptet, in den Versuchen *Guyton* de Morveau's über die Cohärenz hätten die verschiedenen Metalle mit dem Quecksilber mit einer ihren chemischen Verwandtschaften proportionalen Kraft zusammengehangen. Die anderen Metalle haben aber in Beziehung auf das Quecksilber eine verschiedene electrische Energie oder verschiedene Grade derselben electrischen Kraft, und so oft Quecksilber und ein anderes Metall einander in einer grossen Fläche berühren, müssen beide vermöge der Verschiedenheit ihrer electrischen Zustände aneinander hängen, und das mit einer Kraft, welche dem Grade dieser Zustände proportional ist. Das Eisen, welches, nach Herrn *Guyton*, mit dem Quecksilber nur mit wenig Kraft adhärirt, zeigte mir nur wenig positive Electricität, als es mit Quecksilber in Berührung gebracht war, und davon getrennt wurde. Zinn, Zink und Kupfer, die dem Quecksilber stärker adhäriren, laden das condensirende Electrometer gleich nach dem Trennen weit stärker. Ich habe kein Instrument gehabt, welches genau genug gewesen wäre, um diese Unterschiede messen zu können, doch scheint es mir, dass gegenseitige Anziehung, welche aus den verschiedenen electrischen Zuständen des Quecksilbers und der andern Metalle entspringen, an den Resultaten *Guyton*'s Antheil gehabt haben müsse*); und dass, insofern diese den electrischen Kräften proportional war,

---

ist auch wahrscheinlich eine der Ursachen der eigensinnigen Resultate der Reibungsversuche, bei welchen derselbe Körper, wenn seine Textur oder seine Temperatur sich verändert, verschiedene Zustände in Beziehung auf einen andern Körper annimmt. Das Reiben lässt sich als eine Folge von Berührungen betrachten, und es würden wahrscheinlich die natürlichen Kräfte der Körper durch dasselbe sich uns mit Genauigkeit geben, wenn nicht ungleiche Erregung von Wärme oder ungleiche Mittheilung derselben an die verschiedenen Oberflächen dabei mit ins Spiel käme, indem sie die electrischen Capacitäten der Körper auf eine ungleiche Weise verändert. — Von den Bestandtheilen des Flintglases sind der Kiesel in Beziehung auf die Metalle schwach negativ, das Natron positiv, und das Glas selbst wirkt in der Berührung mit den Metallen, wie ich finde, mit dem Ueberschuss der Kraft des Alkali. Dasselbe ist der Fall beim Reiben; Amalgam ist bei der gewöhnlichen Maschine zu einer mächtigen Erregung wesentlich nothwendig.

*) Die Amalgamation hat unstreitig zu dem Erfolge mit beigetragen, aber im Allgemeinen scheint das Resultat bestimmt und deutlich gewesen zu sein.

sie auch, (meiner Hypothese zu Folge,) den chemischen Verwandtschaften proportional sein musste. In wie weit überhaupt die Cohäsion von der Verschiedenheit der electrischen Kräfte der Körper abhängen oder durch sie verursacht werden könne, ist eine Frage, die zu sehr interessanten Erörterungen führen dürfte.

Dem Physiker werden mehrere leichte Anwendungen der allgemeinen Thatsachen und der Grundsätze, [**52**] welche ich hier entwickelt habe, auf die chemischen Processe der Kunst und der Natur von selbst einfallen.

Sie führen sogleich auf eine sehr leichte Methode, die Säuren und Alkalien abzuscheiden, welche in den Mineralien chemisch gebunden, vereint oder einzeln, vorhanden sind.

Die zersetzenden Kräfte der Electricität lassen sich ebenso vortheilhaft bei der Analyse der thierischen und der vegetabilischen Körper benutzen.

Ein Stück Muskelfaser, 2 Zoll lang und $^1/_2$ Zoll im Durchmesser, wurde vollkommen trocken und hart, als ich es mit einer Kraft von 150 Plattenpaaren 5 Tage lang electrisirt hatte, und es zeigte beim Einäschern keine Spur von Salz im Rückstande. Das Kali, das Natron, das Ammoniak, der Kalk und das Eisenoxyd waren daraus insgesammt heraus getreten und fanden sich in dem Wasser an der negativen Seite: die Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure dagegen in dem Wasser an der positiven Seite.

Ein Lorbeerblatt auf dieselbe Art behandelt, nahm ganz das Ansehen an, als sei es in einer Hitze von 500 bis 600° F. gewesen; es war braun und wie geröstet. Im negativen Gefässe zeigte sich die grünfärbende Materie, Harz, Alkali und Kalk; im positiven Gefässe eine wasserhelle Flüssigkeit, welche wie Pfirsichblüthe roch, und nachdem sie mit Kali neutralisirt worden war, eine Auflösung schwefelsauren Eisens grünlich-blau niederschlug, folglich Blausäure enthielt, die aus dem Blatte herrührte.

Ich brachte eine kleine Krausemünzen-Pflanze, die sich in einem Zustande vollkommener Vegetation befand, in den Mittelpunkt des schliessenden Bogens, indem ihre beiden Enden mit gereinigtem Wasser in Berührung waren. Der Kreis der Säule blieb 10 Minuten lang geschlossen; darauf fand sich im negativ electrisirten Wasser Kali und Kalk, und in dem positiv electrisirten eine Säure, welche in Auflösungen von salzsaurem Baryt, von salpetersaurem Silber und

von salzsaurem Kalk Niederschläge bewirkte. Die Pflanze erholte sich wieder; eine andere aber, [53] die 4 Stunden lang electrisirt worden war, verwelkte und starb.*)

Diese Thatsachen beweisen, dass die zersetzenden electrischen Kräfte selbst auf die Pflanzenstoffe im lebenden Zustande der Pflanze wirken. Einige Erscheinungen scheinen zu beweisen, dass sie auf gleiche Art in das System lebender Thiere einwirken. Taucht man in das gereinigte Wasser des positiven Gefässes die Finger, nachdem man sie mit destillirtem Wasser recht rein gewaschen hat, so entbindet sich darin, nach Schliessung des Kreises, sehr schnell Säure, welche die Kennzeichen eines Gemenges von Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure hat. Stellt man denselben Versuch an der negativen Seite an, so entwickelt sich das Alkali nicht minder schnell. Der saure und der alkalinische Geschmack, welchen galvanische Versuche auf der Zunge erregen, scheint von der Zersetzung der Salze in dem lebenden thierischen Theile, und vielleicht im Speichel, herzurühren.

Da die Säuren und die Alkalien aus ihren Verbindungen in den lebenden Systemen durch die electrischen Kräfte können abgeschieden werden, so hat man alles Recht, zu vermuthen, dass sie sich auch in die thierische Oekonomie einführen, oder durch die Organe eines Thieres hindurchleiten lassen, durch die Mittel, die wir kennen gelernt haben. Dasselbe lässt sich von den Metalloxyden annehmen; Ideen, welche auf eine Menge von neuen Untersuchungen in der Medicin und in der Physiologie führen müssen.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass sich von der electrischen Zersetzung der Neutralsalze in verschiedenen Fällen werden Anwendungen in den Gewerben machen lassen. [54] Gut gebrannte Holzkohle und Reissblei, oder Holzkohle und Eisen könnten dabei als Erreger dienen; und wenn solche Apparate nach einem grossen Massstabe gemacht, und die Neutralsalze zwischen je zwei Plattenpaare gebracht würden, so lässt sich kaum daran zweifeln, dass sie nicht Säure und

*) Ich habe gefunden, dass *Same*, der in gereinigtem Wasser des Gefässes an der positiven Seite gelegen hatte, weit eher keimte, als unter gewöhnlichen Umständen; Same, der sich in dem negativen Gefässe befunden hatte, keimte gar nicht. Diese Erscheinung kann, ohne dass eine besondere Wirkung der verschiedenen Electricitäten daran Theil habe, (welche jedoch auch mitwirken können,)

Alkali in sehr grosser Menge geben sollten, ohne viel Mühe und mit wenig Kosten.

Das Ammoniak und die zersetzbaren Säuren erleiden nur dann im Voltaischen Kreise eine Zersetzung, wenn sie recht concentrirt sind, ausserdem werden sie bloss nach den ihnen eigenen Punkten der Ruhe geführt. Diese Thatsache giebt uns Hoffnung, dass die neue Art von Zerlegung uns zu der Entdeckung der wahren Elemente der Körper führen wird, wenn man die Materien, auf die man wirkt, in einem gewissen Zustande von Concentrirung nimmt, und die Electricität hinlänglich verstärkt. Denn wenn die chemische Verbindung von der Natur ist, wie ich sie hier dargestellt habe, so mag die natürliche electrische Energie der Elemente der Körper noch so stark sein, ihre Grenzen hat sie doch gewiss; die Kraft unsrer künstlichen electrischen Instrumente, mit der wir ihr entgegen zu wirken und sie aufzuheben vermögen, lässt sich dagegen ohne Grenzen vermehren und ins Unbestimmte verstärken.[8])

In der Natur wird das electrische Gleichgewicht unaufhörlich aufgehoben und gestört, und die Zersetzungen und das Hinüberführen, welche dadurch eingeleitet werden, haben wahrscheinlich einen bedeutenden Antheil an den chemischen Veränderungen, welche sich in verschiedenen Theilen unsers Systems ereignen.

Die electrischen Erscheinungen, die den Erdbeben und den vulkanischen Ausbrüchen vorher gehen, und welche von den meisten Beobachtern dieser furchtbaren Schauspiele gut beschrieben sind, erklären sich leicht aus den hier entwickelten Grundsätzen.

Ausser solchen heftigen und plötzlichen Veränderungen müssen indess in den verschiedenen Theilen der Schichten im Innern unsrer Erdkugel auch ruhigere und beständige Veränderungen vorgehen, in welchen die Electricität [55] eine Rolle spielt. An den Stellen, wo sich Lagen von Schwefelkies und Kohlenblende bei einander finden, wo reine Metalle und Schwefelmetalle miteinander in Berührung oder durch leitende Substanzen getrennt vorkommen; wo endlich verschiedene Lager salzige Wirkungsmittel verschiedener Art in

---

dadurch verursacht worden sein, dass das Wasser um die positivelectrische Metallfläche mit Sauerstoff, um die negativ electrische Metallfläche dagegen mit Wasserstoff geschwängert wurde.

sich schliessen; — an allen solchen Stellen muss unaufhörlich Electricität erregt werden und sich äussern, und es ist sehr wahrscheinlich, dass sie auf mehrere mineralische Formationen eingewirkt, oder sie selbst veranlasst hat. — Bei einem Versuche mit der electrischen Säule befanden sich in dem positiven Gefässe Auflösungen von Eisen, Kupfer, Zinn und Kobalt in Salzsäure, in dem negativen Gefässe Wasser. Die vier Metalloxyde gingen über den angefeuchteten Asbest hinweg in das negative Gefäss, überzogen den negativen Draht mit einer gelben regulinischen Kruste, und die Oxyde setzten sich von selbst untereinander gemengt um die Basis desselben. — Bei einem andern Versuche hatte ich ein wenig kohlensaures Kupfer in sehr feinen Theilen in Wasser verbreitet, einen kleinen ausgehöhlten Würfel von Zeolith in das Wasser gestellt, und den negativen Draht in die Höhlung des Zeoliths geführt. Es sammelten sich um den Würfel kleine grüne Krystalle an, da diese Theilchen nicht in ihn hinein zu dringen vermochten.

Es lässt sich erwarten, dass vervielfältigte Versuche dieser Art uns dazu verhelfen werden, für einige der vornehmsten und geheimnissvollsten Thatsachen der Geologie, aus dem Vermögen des electrischen Hinüberführens eine Erklärung zu finden.

Wenn man eine Stufenleiter von schwachen Kräften bildet, wird man dazu kommen, zu erklären, wie unauflösliche metallische und erdige Substanzen in Zusammensetzungen mit eingehen konnten, welche Säuren enthalten.

Man hat bis jetzt die natürliche Electricität wenig studirt, [**56**] ausgenommen in dem Falle, wenn sie sich in der Atmosphäre sichtlich und mächtig anhäuft. Von unmittelbarerem und wichtigerem Einflusse auf die Ordnung und die Oekonomie der Natur werden unstreitig dereinst die allmählichen und stillen Wirkungen derselben in allen Theilen der Oberfläche unsrer Erde uns erscheinen. Untersuchungen über diesen Gegenstand werden unstreitig ein helleres Licht über unsre physikalischen Systeme von der Erde verbreiten, und dürften uns vielleicht in der Zukunft neue Kräfte zur Verfügung stellen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1 stellt die auf Seite 5 erwähnten Achatbecher dar.

Fig. 2 stellt die goldenen Kegel (S. 7) dar.

Fig. 3 stellt die Glasröhren nebst den zugehörigen Theilen (S. 19) dar.

Fig. 4 stellt die beiden Glasröhren nebst dem Zwischengefäss, S. 19, dar.

In allen diesen Figuren sind mit *A* und *B* die Drähte bezeichnet, von denen der eine positiv, der andere negativ electrisch gemacht wurde; *C* ist das verbindende Stück von befeuchtetem Amianth.

[1] Ueber einige

neue Erscheinungen chemischer Veränderungen,

welche durch die Electricität bewirkt werden,

insbesondere

über die Zersetzung der feuerbeständigen Alkalien, die Darstellung der neuen Körper, welche ihre Basen ausmachen, und die Natur der Alkalien überhaupt,

von

Humphry Davy, Esq.

Sec. R. S. M. R. I. A. u. ff.

(Philosophical Transactions for 1808.)

I. Einleitung.

In der Baker-Vorlesung, welche ich in dem vergangenen Jahre in der königlichen Societät zu halten die Ehre gehabt habe, sind von mir eine grosse Menge von Zersetzungen und chemischen Veränderungen beschrieben worden, welche die Electricität in Körpern bewirkt, deren Bestandtheile bekannt sind; und schon damals wagte ich aus den allgemeinen Grundgesetzen, welche diese Erscheinungen zu erklären schienen, den Schluss zu ziehen, dass diese neuen Methoden der Untersuchung zu einer genauern Kenntniss der wahren Elemente der Körper führen würden.

[2] Diese Vermuthung gründete ich damals lediglich auf einige eingreifende Analogien; jetzt bin ich so glücklich, sie durch überzeugende Thatsachen bewähren zu können. Während einer Reihe sehr mühsamer Anwendungen der Kräfte der electrisch-chemischen Analyse auf Körper, die bisher einfach schienen, und die durch Einwirkung der gewöhnlichen Reagentien noch nicht zersetzt worden waren, habe ich das

gnte Glück gehabt, nene und merkwürdige Resultate zu erhalten.

Ich werde in den folgenden Abschnitten das Detail derjenigen unter diesen Reihen meiner Versuche, welche ich bis zn einem gewissen Grad von Reife habe bringen können, in einiger Ordnnng znsammen reihen, besonders die, welche die Zersetzung und die Wiederznsammensetznng der fenerbeständigen Alkalien und die Darstellung der neuen ausserordentlichen Körper betreffen, die ihre Basen ausmachen.

Da, wo ich nngewöhnliche Processe zu beschreiben habe, glaube ich nnbesorgt in ein grösseres Detail eingehen zu dürfen; da aber, wo ich mich bloss der gewöhnlichen Mittel bedient habe, werde ich mehr nicht als die Resultate angeben. Wollte ich meinen Untersuchungen Schritt vor Schritt folgen, alle Schwierigkeiten, auf die ich gestossen bin, die Art, wie es mir geglückt ist, sie zn überwinden, und alle Handgriffe schildern, so müsste ich weit über die Grenzen, welche für diese Vorlesung bestimmt sind, hinans gehen. Ich begnüge mich daher zn sagen, dass ich hier nur das für Thatsachen oder für allgemeine Resultate ansgeben werde, was ich aus sorgfältig angestellten und oft wiederholten Versuchen gefolgert habe.

II. Verfahrungsarten, nm die feuerbeständigen Alkalien zu zersetzen.

Die Untersnchungen, welche ich über die Zersetzung der Sänren nnd der nentralen alkalischen nnd erdigen Salze angestellt habe, hatten mir bewiesen, dass die Energie der electrischen Zersetznng, der Kraft der entgegengesetzten Electricitäten in dem galvanischen Kreise nnd [3] dem Leitungsvermögen, so wie dem Grade der Concentrirung der angewendeten Körper proportional ist.

Ich versuchte diesem gemäss zuerst, die feuerbeständigen Alkalien in ihren wässrigen bei der gewöhnlichen Temperatnr gesättigten Anflösnngen mit Hülfe der stärksten electrisch-galvanischen Apparate zn zersetzen, die mir zu Gebote standen. Dieses waren die Trogapparate der *Royal-Institution*, welche ich mit einander verband. Sie bestehen ans 24 viereckten Plattenpaaren Kupfer nnd Zink, jede von 12 Zoll Seite, ans 100 Plattenpaaren, jede von 6 Zoll, und ans 150 Plattenpaaren, jede von 4 Zoll Scite; ich füllte sie

mit Alannauflösung und verdünnter Salpetersänre. Bei aller Intensität der Wirkung wurde jedoch das Wasser der alkalischen Auflösungen allein angegriffen, und unter Erzengung grosser Hitze und heftigem Aufbrausen entwickelten sich bloss Wasserstoffgas und Sanerstoffgas.

Die Gegenwart des Wassers schien hier die Zersetzung der Alkalien zn verhindern. Ich schmelzte daher zu meinen fernern Versuchen Kali dnrch Hitze, indem ich es in einen Löffel aus Platin legte, und ans einem Gasometer Sauerstoffgas durch die Flamme einer Weingeistlampe darauf blasen liess. Während das Kali auf diese Art einige Minuten lang in heftiger Rothglühehitze nnd in dem Znstande vollkommener Flüssigkeit erhalten wurde, setzte ich den Löffel mit dem positiven, und das Kali selbst durch einen Platindraht mit dem negativen Ende des stark geladnen Trogapparats aus 100 Plattenpaaren, jedes 6 Zoll ins Quadrat, in leitende Verbindung. Bei dieser Anordnung zeigten sich mehrere glänzende Phänomene. Das Kali war nun in hohem Grade leitend, und so lange die Verbindung dauerte, sah man an dem negativen Drahte ein sehr lebhaftes Licht, nnd im Berührungspunkte eine Flammensäule, welche von einem sich hier entbindenden verbrennlichen Körper herzurühren schien.

Als ich die Ordnung veränderte, und den negativen Draht mit dem Platinlöffel, [4] den positiven mit dem Platindraht, der das Kali berührte, verband, erschien an der Spitze dieses letztern ein lebhaftes und bleibendes Licht; um dasselbe liess sich nichts wahrnehmen, was einem Verbrennen geglichen hätte, dagegen sah man durch das Kali Gasbläschen anfsteigen, die sich an der Atmosphäre eins nach dem andern entzündeten.

Das Platin wnrde, wie zu erwarten war, stark angegriffen, und zwar im höchsten Grade, wenn es sich an der negativen Seite des Kreises befand.

Das Kali schien in diesem Versuche vollkommen trocken zu sein, und es liess sich daher annehmen, dass der verbrennliche Körper, welcher während der Einwirkung der Electricität auf das fliessende Kali am negativen Drahte sich zn bilden schien, durch Zersetznng des Kali entstehe. Der Rückstand des Kali wär nnverändert; zwar entdeckte ich darin eine Anzahl metallischer Theilchen von dunkelgrauer Farbe, es zeigte sich aber in der Folge, dass sie vom Platin herrührten. Ich versuchte es auf verschiedene Arten, diesen verbrennlichen Körper aufzufangen, jedoch umsonst. Das gelang

mir erst, da ich die Electricität zugleich als Schmelzungs- und als Zersetzungs-Mittel anf das Kali wirken liess.

Kali, das man durch Glühen vollkommen getrocknet hat, ist zwar ein Nicht-Leiter der Electricität, es wird aber schon leitend durch sehr wenig Feuchtigkeit, welche die feste Aggregation desselben nicht merklich ändert; und in diesem Zustande wird es durch eine etwas energische electrische Einwirkung geschmolzen und zersetzt.

Ich nahm ein kleines Stück reines Kali, liess es einige Sekunden lang mit der Atmosphäre in Berührung, wodurch es an der Oberfläche leitend wurde, legte es auf eine isolirte Platinscheibe, die mit dem negativen Ende einer in ihrer grössten Wirksamkeit befindlichen Batterie von 250 6- und 4-zölligen Plattenpaaren verbunden war, und berührte die Oberfläche des Kali mit dem positiven Platindrahte. Der ganze Apparat stand an freier Luft. [5] Sogleich zeigte sich eine sehr lebhafte Wirkung. Das Kali begann an den beiden Punkten, wo es electrisirt wurde, zu schmelzen. An der obern Oberfläche sah man ein heftiges Aufbrausen; an der untern, oder der negativen, war kein Entbinden einer clastischen Flüssigkeit wahrzunehmen, ich entdeckte aber kleine Kügelchen, die einen sehr lebhaften Metallglanz hatten und völlig wie Quecksilber aussahen. Einige verbrannten in dem Augenblick, in welchem sie gebildet wurden, mit Explosion und lebhafter Flamme; andre blieben bestehen, liefen aber an, und bedeckten sich zuletzt mit einer weissen Rinde, die sich an ihrer Oberfläche bildete.

Eine Menge von Versuchen bewiesen mir bald, dass diese Kügelchen die Substanz waren, nach der ich suchte: ein verbrennlicher Körper eigenthümlicher Art, und die Basis des Kali.[9]) Ich fand, dass die Gegenwart von Platin gleichgültig für das Resultat ist, ausser als Mittel, die electrischen Kräfte, welche die Zersetzung bewirken, zu bethätigen: immer entstand dieselbe Substanz, ich mochte den Kreis durch Stücke Kupfer, oder Silber, oder Gold, oder Reissblei, oder selbst durch Stücke Kohle schliessen.

Die Gegenwart der Luft hat keinen Einfluss auf das Resultat; denn ich fand, dass alles auf dieselbe Art erfolgt, wenn sich das Kali in einem luftleeren Recipienten befindet.

Ich habe diese Substanz auch aus Kali, das im Schmelzen durch Hitze begriffen ist, dargestellt, nämlich in Glasröhren mit eingeschmolznen Platindrähten, die mit Quecksilber

gesperrt waren, und in welchen, während die Electricität hindurch wirkte, das Kali mittelst einer Lampe geschmolzen wurde. Dieses Verfahren liess sich aber nicht lange fortsetzen, da das Glas durch die Einwirknng des Kali bald anfgelöst wurde, und dann die Substanz durch das Glas hindurch drang.

Natron gab ähnliche Resultate wie das Kali, wenn man es auf dieselbe Art behandelte; die Zersetzung desselben erforderte [6] aber entweder eine intensivere Einwirkung der Trogapparate, oder die Stücke desselben mnssten kleiner und dünner sein. Mit dem Trogapparat von 100 Plattenpaaren, jedes 6 Zoll ins Gevierte, erhielt ich, als er in voller Wirksamkeit war, gnte Resnltate mit Stückchen Kali, die 40 bis 70 Grains wogen und so dick waren, dass die electrisirten Metallflächen ungefähr $^1/_4$ Zoll von einander abstanden; dagegen war es mir nicht möglich, mit einem solchen Trogapparate die Zersetzung in Stückchen Natron, die über 15 bis 20 Grains wogen, zu bewirken, nnd selbst in solchen Stückchen gelang mir dieses nnr dann, wenn die Entfernung zwischen den Metallflächen, dnrch welche die Electricität dem Natron zugeführt wurde, nicht über $^1/_{10}$ bis $^1/_8$ Zoll betrug.

Die ans dem Kali erzeugte Substanz blieb in der Temperatur, welche die Atmosphäre im Augenblicke ihrer Erzeugnng hatte, flüssig.[10]) Die Substanz ans dem Natron war flüssig bei der Temperatur, die sie, während sie sich bildete, von dem Alkali erhalten hatte, wurde aber im Erkalten fest, und nahm die Farbe und den Glanz des Silbers an.

Als ich eine sehr kräftige Batterie von 250 Plattenpaaren znr Zersetznng des Natron anwendete, verbrannten die Kügelchen oft in dem Augenblicke, in welchem sie entstanden; manchmal explodirten sie heftig nnd trennten sich in kleinere Kügelchen, die brennend mit grosser Schnelligkeit dnrch die Luft flogen; dieses unaufhörliche Fenersprühen ist ein sehr schönes Schauspiel.

III. Theorie der Zersetzung der feuerbeständigen Alkalien; Zusammensetzung und Erzeugung derselben.

Bei allen Zersetzungen zusammengesetzter Körper, welche ich bis dahin untersucht hatte, waren stets die verbrennlichen Basen an der negativen Oberfläche des electrischen Kreises entbunden worden, während der Sauerstoff an der positiven

Oberfläche zum Vorschein kam, oder dort in Verbindungen trat. Es war daher der natürlichste Gedanke, [7] dass bei der Einwirkung der Electricität auf die Alkalien die neuen Substanzen ganz auf ähnliche Weise erzeugt werden.

Ich habe mehrere Versuche in einem mit Quecksilber gesperrten Apparate, aus welchem die äussere Luft ausgeschlossen war, angestellt, die mir zu Beweisen dienen, dass die Sache sich in der That auf diese Art verhält. Wenn man nämlich festes Kali oder Natron, die so viel Feuchtigkeit eingesogen haben, dass sie leitend sind, in Glasröhren verschliesst, welche mit Platindrähten versehen, und vermöge derselben in den Kreis eines Trogapparats gebracht sind, so entstehen die neuen Substanzen an den negativen Metallflächen, und das Gas, welches sich während dessen an der positiven Metallspitze entbindet, ist ganz reines Sauerstoffgas, wie die sorgfältigste und genaueste Prüfung mir bewiesen hat. An der negativen Oberfläche erscheint gar kein Gas, ausser wenn Wasser im Ueberflusse da ist.

Auch die folgenden synthetischen Versuche stimmen hiermit vollkommen überein.

Ich habe schon angeführt, dass die aus dem Kali erzeugte Substanz ihren Metallglanz an der Luft fast augenblicklich verliert, und sich mit einer weissen Rinde umlegt. Ich fand sehr bald, dass diese Rinde reines Kali ist, das sogleich zerfliesst; es bildet sich dann eine neue Rinde, die wieder Feuchtigkeit aus der Luft an sich zieht, nnd endlich verschwindet das Kügelchen ganz, nnd man hat statt desselben eine gesättigte Auflösnng von Kali.*)

In besonders dazu eingerichtete, mit Quecksilber gesperrte Glasröhren wurden einige Kügelchen in atmosphärische Lnft, andre in Sauerstoffgas gebracht. Sie verschluckten augenblicklich Sauerstoff, und überzogen sich mit einer Rinde von Alkali; da es aber an Feuchtigkeit fehlte, das [8] Alkali

*) Während dieses Processes wird auch das Wasser zersetzt; wir werden nämlich sehen, dass die Basen der fixen Alkalien kräftiger als irgend ein andrer bekannter Körper auf das Wasser wirken. Folgendes ist mit wenig Worten die Theorie der Oxydirung der Basen der Alkalien an der freien Luft: sie verschlucken zuerst Sauerstoff, und es bildet sich Alkali; dieses Alkali saugt schnell Wasser ein; und dieses Wasser wird zersetzt. Daher entbindet sich, während der Verwandlung eines Kügelchens in eine alkalische Auflösung, beständig fort und schnell Gas in einer kleinen Menge.

aufzulösen, so beschränkte sich der Process hierauf, und das Innere des Kügelchens blieb unverändert, indem die Rinde das Sauerstoffgas ausser Berührung mit demselben setzte.

Mit der Basis des Natrons erfolgen in beiden Fällen ähnliche Wirkungen.

Werden diese Basen in einer gegebenen, rings umschlossnen Menge von Sauerstoffgas stark erhitzt, so entsteht ein schnelles Verbrennen mit weisser glänzender Flamme, und die metallischen Kügelchen finden sich in eine weisse feste Masse verwandelt, die Kali oder Natron ist, je nachdem man die Basis des erstern oder des letztern zu dem Versuch genommen hat. Dabei wird Sauerstoffgas verschluckt, und es entweicht aus den verbrennenden Substanzen nichts, was die Reinheit des Rückstands verminderte. Die Alkalien, welche bei diesem Versuch entstanden, waren dem Anscheine nach trocken, oder enthielten wenigstens nicht mehr Feuchtigkeit, als sich in dem verschluckten Sauerstoffgas befunden haben konnte, und ihr Gewicht übertraf das der verbrannten Substanzen bedeutend. Ich werde in der Folge die Processe umständlich beschreiben, auf welche ich diese Schlüsse gründe, und man wird dort die Zahlverhältnisse finden, nach welchen sich die verbrennlichen Substanzen mit Sauerstoff verbinden, um die feuerbeständigen Alkalien zu bilden.

Diese Thatsachen berechtigen uns, wie es mir scheint, mit eben so viel Rechte anzunehmen, dass sich das Kali und das Natron in Sauerstoff und in zwei eigenthümliche Basen zerlegen lassen, als wir nur immer für die Lehre haben, dass Phosphorsäure, Schwefelsäure und Metalloxyde in Sauerstoff und in eigenthümliche verbrennliche Basen zersetzbar sind.

Bei den analytischen Versuchen war kein anderer Körper als die Alkalien und ein wenig [9] Feuchtigkeit im Spiele, und letztere scheint nur in so fern wesentlich zu dem Resultate mit zu wirken, als sie das Alkali an der Oberfläche leitend macht. Denn die neuen Substanzen entstehen erst dann, wenn das trockene Innere zu schmelzen anfängt, und es erfolgt eine Explosion, so oft sie durch das geschmolzene Alkali bis zu der feuchten und heissen Oberfläche herauf steigen; sie lassen sich ferner nicht mit krystallisirtem Alkali erhalten, welches immer viel Wasser enthält; endlich beweist auch der Erfolg beim Electrisiren von glühendem Kali, worin sich keine merkbare Menge von Wasser befindet, dass das Entstehen dieser Substanzen von der Gegenwart des Wassers unabhängig ist.

Die verbrennlichen Basen der Alkalien scheinen eben so, wie die übrigen verbrennlichen Grundstoffe, von den positiv electrisirten Oberflächen zurückgestossen, nnd von den negativ electrisirten angezogen zu werden. Ein entgegengesetztes Verhalten hat der Sauerstoff. Dieser hat folglich von Natur eine negative Energie, während die Basen eine positive Energie besitzen, und bei den zerlegenden Versuchen wird die Verbindung beider aufgehoben, sobald eins dieser beiden Principe in einen entgegengesetzten electrischen Zustand, als in den ihm natürlichen versetzt wird. Bei der Synthese kommen dagegen die natürlichen Kräfte oder Anziehungen beider Principe in ein gegenseitiges Gleichgewicht. Ist ihre Wirksamkeit schwach, in den niedrigen Temperaturen, so geht die Verbindung nur langsam vor sich; ist ihre Wirksamkeit dagegen durch Wärme erhöht, so erfolgt eine schnelle Vereinigung. unter Erzeugung oder Entwicklung von Feuer, wie das in andern ähnlichen Fällen geschieht. Ich werde sogleich eine Menge von Umständen angeben, welche die Wirkungsart der alkalischen Basen betreffen, und man wird finden, dass diese allgemeinen Folgerungen durch sie bestätigt werden.

[10]

IV. Eigenschaften und Natur der Basis des Kali.

Ich habe sehr viel Schwierigkeit gefunden, die Basen der feuerbeständigen Alkalien, nachdem ich sie entdeckt hatte, aufzubewahren, und sie so zu verschliessen, dass sich ihre Eigenschaften nntersuchen, und Versuche mit ihnen anstellen liessen. Denn, gleich dem von den Alchemikern erdachten Alkahest, wirken sie mehr oder weniger auf alle andre Körper ein, mit denen man sie in Berührung bringt.

Frisch destillirte Naphtha (Steinöl) ist von den Flüssigkeiten, welche ich versucht habe, diejenige, anf welche diese Basen die geringste Einwirkung zu haben schienen. Sie erhalten sich in ihr, wenn die atmosphärische Luft ansgeschlossen ist, mehrere Tage lang, ohne sich merklich zu verändern, nnd zur Untersuchung ihrer physikalischen Eigenschaften kann man diese Basen selbst in die offne Luft bringen, wenn sie mit einer dünnen Hülle von Steinöl umgeben sind.

Die Basis des Kali erscheint in der Temperatur, in welcher ich sie zuerst untersucht habe, 60° Fahrenh., in kleinen Kügelchen, welche den Metallglanz, die Undurchsichtigkeit

und die übrigen sichtbaren Eigenschaften des Quecksilbers haben. Das Ange vermochte sie nicht von Quecksilber-Kügelchen zu nnterscheiden, wenn sie daneben gelegt wurden.

In dieser Temperatur ist jedoch die Basis des Kali nur nnvollkommen flüssig; die Kügelchen nehmen ihre Kugelgestalt nur langsam wieder an, wenn man diese dnrch einen äussern Druck verändert hat. Bei 70° F. wird die Basis des Kali mehr flüssig, und bei 100° F. ist ihre Flüssigkeit vollkommen,[11]) so dass mehrere Kügelchen sich leicht in ein einziges vereinigen lassen. In einer Temperatur von 50° F. wird sie ein fester Körper, der weich und hämmerbar ist, nnd den Glanz des polirten Silbers hat. Nähert sich die Temperatur dem natürlichen Frostpunkte, so wird diese Substanz härter und brüchiger, und sie zeigt sich dann auf den Bruchflächen krystallisirt; nnter dem Mikroskope erscheinen auf diesen Flächen schöne Facetten, von reinem Weiss und von dem vollkommensten Metallglanz.

[11] Um in Dampf verwandelt zn werden, erfordert die Basis des Kali eine Temperatur, welche der Rothglühehitze nahe kömmt. Nimmt man sich bei dem Destilliren derselben auf eine geschickte Weise, so findet man sie in der Vorlage ganz nnverändert wieder.

Sie ist ein vollkommener Leiter für Electricität. Wenn man in dem Kreise eines Trogapparats von 100 Plattenpaaren, jede 6 Zoll im Quadrat, einen Funken auf ein grosses Kügelchen in der Luft schlagen lässt, so ist das Licht grün, und das Verbrennen geht bloss in dem Punkte der Berührung vor sich. Lässt man dagegen den Funken auf ein kleines Kügelchen wirken, so zerstiebt es mit einer Explosion und einer sehr lebhaften Flamme, in einen Rauch von alkalischer Natur.

Diese Materie ist ein vortrefflicher Wärmeleiter.

Obgleich sie in den bisher erwähnten sichtbaren Eigenschaften mit den Metallen übereinstimmt, so unterscheidet sie sich von ihnen doch anf eine merkwürdige Weise durch ihr specifisches Gewicht. Ich habe gefunden, dass sie an der Oberfläche von Naphtha schwimmt, welche ich von Steinöl abdestillirt hatte, und deren specifisches Gewicht 0,861 betrug. Selbst nach einer zweiten Destillation, bei der das specifische Gewicht der Naphtha bis auf 0,770 herabgekommen war, sank in ihr die Basis des Kali nicht zu Boden. Das specifische Gewicht genau zu bestimmen, hat seine grosse Schwierigkeit, weil selbst durch sehr mächtige electrische

Apparate die Basis sich nur in sehr geringen Mengen erhalten lässt. Ich habe versncht, mich der Wahrheit durch folgendes Mittel zn nähern. Ich snchte ein Quecksilberkügelchen aus, das dem Anschein nach genau einerlei Grösse mit einem Kügelchen der Basis des Kali hatte, nnd bestimmte das Gewicht beider. Die sehr feine Wage der *Royal-Institution*, deren ich mich dabei bedient habe, giebt bei so geringer Belastung (das Qnecksilberkügelchen wog nie über 10 Grains) znm mindesten noch bei $^1/_{2000}$ Grain einen merkbaren Ausschlag. Ein Mittel aus 4 Versuchen, die ich mit vieler Sorgfalt angestellt habe, giebt mir bei einer Temperatur von 62° F. oder das Verhältniss der Gewichte gleich grosser Kügelchen der Basis und des Quecksilbers, wie 10 : 223, folglich das Verhältniss der specifischen Gewichte der Basis zn dem des Wassers wie 6 : 10.[12]) Die Basis des Kali ist daher die leichteste unter allen bekannten tropfbaren Flüssigkeiten. [12] Im festen Zustande ist sie ein wenig dichter; aber selbst in diesem Zustande, bei einer Temperatur von 40° F. schwimmt sie in der zweimal destillirten Naphtha.

Noch ausserordentlicher, als es diese physikalischen Eigenschaften sind, ist das chemische Verhalten der Basis des Kali.

Von der Alkalisirnng und vom Verbrennen derselben in Sanerstoffgas habe ich bereits geredet. — Langsam und ohne Flamme verbindet sie sich mit dem Sauerstoff in allen Temperaturen nnter ihrem Verdampfungspunkte, in welchen ich den Versnch gemacht habe. In der Hitze, bei welcher sie verdampft, findet schnelles Verbrennen statt; das Licht ist blendend weiss und die Hitze sehr stark. Wenn man die Basis in einer kleinern Menge von Sauerstoffgas, als erfordert wird, um sie ganz in Kali zu verwandeln, allmählig, doch nicht bis zn jener Temperatur, z. B. nur bis auf 400° F., erhitzt, so verwandelt sich die Farbe derselben in rothbrann, nnd nach dem Erkalten findet sich alles Sauerstoffgas verschluckt nnd ein fester grauer Körper gebildet, der aus Kali und aus Basis des Kali, die noch nicht vollständig oxygenirt ist, besteht. Lässt man zn diesem Körper Wasser hinzu steigen, oder erhitzt man ihn in der Lnft, so verwandelt er sich ganz in Kali.

Eine Verbindnng der Basis mit weniger Sauerstoff, als nöthig ist, sie in Kali zn verwandeln, erhält man ebenfalls, wenn man sie unter gehöriger Vorsicht mit Kali zusammen-

schmelzt. Sie verliert dann schnell ihren Metallglanz, und giebt, je nachdem sie flüssig oder fest war, eine röthlich braune oder eine dunkelgraue Verbindung, welche, der Luft ausgesetzt, sehr bald die ganze ihr nöthige Menge von Sauerstoff verschluckt und zu Kali wird. Dieselbe Verbindung entsteht häufig während der zerlegenden [13] Versuche, wenn die Electricität sehr kräftig und das Kali stark erhitzt ist.

Bringt man die Basis des Kali in oxygenirt-salzsaures Gas, so entzündet sie sich von selbst, und verbrennt mit einem glänzenden rothen Lichte; es entsteht dabei ein weisses Salz, das nichts als salzsaures Kali ist.

Erhitzt man ein Kügelchen in Wasserstoffgas, so dass es nicht ganz den Verdampfungsgrad erreicht, so scheint es sich in diesem Gas aufzulösen; denn es nimmt an Umfang ab, und wenn man das heisse Gas in die Luft strömen lässt, entzündet es sich mit einer Explosion und brennt mit glänzendem Lichte und einem alkalischen Rauche. Lässt man das Gas zuvor erkalten, so verliert es diese Eigenschaft, von selbst zu detoniren, und setzt die Basis grossentheils oder vollständig ab.

Wirft man die Basis des Kali auf Wasser, das mit der Luft in freier Berührung ist, oder bringt man sie in einen Tropfen Wasser, so wird, in der gewöhnlichen Temperatur, das Wasser mit grosser Heftigkeit zersetzt; es entsteht augenblicklich eine heftige Explosion mit glänzender Flamme, und man erhält eine Auflösung reinen Kali's. Dabei zeigt sich nicht selten eine ähnliche Erscheinung, wie bei dem Phosphor-Wasserstoffgas, nämlich ein Ring von Rauch, der sich beim Aufsteigen in der Luft allmählig erweitert. — Ist dagegen die Luft ausgeschlossen, und bringt man z. B. die Basis unter Naphtha, in einer Glasröhre, mit Wasser in Berührung, so erfolgt eine heftige Zersetzung des Wassers mit viel Hitze und Geräusch, aber ohne Licht, und das Gas, welches man mittelst des pneumatischen Quecksilber- oder Wasserapparats auffängt, ist reines Wasserstoffgas.

Auch auf Eis entzündet sich ein Kügelchen der Basis des Kali [14] augenblicklich mit einer glänzenden Flamme; man findet dann im Eise ein ziemlich tiefes Loch, das zum Theil mit einer Auflösung von Kali angefüllt ist.

Die Theorie der Wirkungen, welche diese Kalibasis auf Wasser, das an der Luft steht, äussert, ist ohne Schwierigkeit, obgleich die Erscheinungen ziemlich zusammengesetzt sind.

Sie scheinen auf den grossen Verwandtschaften der Basis zum Sauerstoffe, und des sich bildenden Kali zum Wasser, zu beruhen. Die Hitze entsteht aus zwei Ursachen: durch Zersetzung, und durch Verbindung, und ist stark genug, die Entzündung zu bewirken. Das Wasser ist ein schlechter Wärmeleiter, und das Kügelchen, welches auf demselben schwimmt, steht mit der Luft in Berührung. Ich vermuthe daher, dass ein Theil des Kügelchens sich in dem Wasserstoffgase, welches aus dem Wasser unter Erhitzung entbunden wird, auflöst, und dass dieses Gas, welches sich alsdann von selbst zu entzünden vermag, es ist, was die Explosion hervorbringt, und die Entzündung dem Theil der Basis mittheilt, welcher noch keine Verbindung eingegangen ist.

Noch einfacher ist die Theorie der Zersetzung, im Fall, wenn vom Wasser und von dem Kügelchen die Luft ausgeschlossen ist. Die erzeugte Wärme wird schnell abgeführt, deshalb entsteht keine Entzündung; und da eine hohe Temperatur erforderlich ist, wenn die Basis sich im Wasserstoffgas auflösen soll, so entsteht diese Verbindung wahrscheinlich gar nicht, oder besteht nur wenige Augenblicke.

Dass sich beim Zersetzen des Wassers durch die Basis des Kali ein Alkali bildet, dafür lässt sich ein sehr einfacher und genügender Beweis führen. Man bringe ein Kügelchen auf Löschpapier, das man mit Curcuma-Tinktur gefärbt hat. Es entzündet sich sogleich, wenn es das Wasser auf dem Papiere berührt, bewegt sich schnell darüber hin, als wenn es die Feuchtigkeit aufsuchte, und lässt eine starke röthlichbraune Spur zurück, ganz der gleich, welche trocknes kaustisches Kali darauf hervor bringt.

Die Basis des Kali hat eine so ausgezeichnete Verwandtschaft zum Sauerstoff, [15] und wirkt auf das Wasser so mächtig, dass es in dem Alkohol und in dem Aether die geringe Menge von Wasser, welche auch nach sorgfältiger Rectification darin vorhanden ist, entdeckt und zersetzt. Im Aether ist Kali unauflöslich; während daher die Basis sich des Sauerstoffs des dem Aether beigemischten Wassers bemächtigt, steigt Wasserstoffgas auf, und das Alkali, sobald es gebildet ist, trübt den Aether und macht ihn weisslich. Die Energie der Wirkung steht in den beiden verbrennlichen Flüssigkeiten mit der Menge des Wassers, welches sie enthalten, in Verhältniss, und immer sind Wasserstoff und Kali die Resultate der Einwirkung.

Wirft man die Basis des Kali in flüssige mineralische Säuren, so entzündet sie sich, und brennt an der Oberfläche derselben. Taucht man sie dagegen, umgeben von Kali und von Steinöl, unter die Oberfläche der Säure, so wirkt sie auf den Sauerstoff mit der grössten Intensität ein, und alle Wirkungen lassen sich aus der grossen Verwandtschaft derselben zu diesem Stoffe erklären. In Schwefelsäure entsteht ein weisses Salz mit gelber Kruste (wahrscheinlich schwefelsaures Kali von Schwefel umgeben), und ein Gas, das wie schwefligsaures Gas riecht, und vermuthlich aus einer Mengung desselben mit Wasserstoffgas besteht. In Salpetersäure entsteht Salpetergas und salpetersaures Kali.

Mit den einfachen verbrennlichen Körpern nnd mit den Metallen verbindet sich die Basis des Kali willig, und die Verbindungen, welche sie mit dem Phosphor und mit dem Schwefel eingeht, sind den Phosphor-Metallen und den Schwefel-Metallen ähnlich.

Legt man die Basis auf ein Stückchen Phosphor und drückt sie, so wirken beide Körper stark auf einander ein; beide [16] schmelzen, entflammen sich, nnd erzeugen phosphorsaures Kali. Nimmt man den Versuch unter Naphtha vor, so erscheint, während sie sich verbinden, kein Gas, und die Verbindung ist viel schwerer schmelzbar, als jeder der beiden Bestandtheile; denn sie bleibt in siedender Naphtha ein fester Körper. Sie hat völlig das Ansehen eines Phosphor-Metalls, und nicht nur die Farbe des Bleies, sondern auch, wenn man sie streckt, einen ähnlichen Glanz als polirtes Blei. Bringt man diese Phosphor-Verbindung an die Luft in der gewöhnlichen Temperatur, so verschluckt sie langsam Sauerstoff, und wird phosphorsaures Kali. Erhitzt man sie auf einem Platinblech, so steigt aus ihr ein Rauch auf, sie entzündet sich aber nicht eher, als bis sie den Grad der Hitze erreicht hat, bei welchem die Basis des Kali schnell verbrennt.

Wenn man schmelzenden Schwefel und die Basis des Kali in einer mit Naphtha-Dampf erfüllten Glasröhre mit einander in Berührung bringt, so verbinden beide sich schnell, unter Wärme- und Licht-Entwickelung, und bilden eine graue Substanz, die das Ansehen des grauen Schwefel-Eisens hat. Erhält man sie im Fluss, so löst sie schnell das Glas auf, und ihre Farbe wird ein glänzendes Braun. Hat man den Versuch in einer hermetisch verschlossenen Glasröhre angestellt, so entweicht aus dieser kein Gas, wenn man sie unter Queck-

silber öffnet; dagegen ein klein wenig Schwefel-Wasserstoffgas, wenn die Glasröhre nicht zugeschmolzen, sondern nur mit Quecksilber gesperrt war. Diese Erscheinungen sind denen ganz ähnlich, welche sich beim Verbinden des Schwefels mit Metallen zeigen, wobei ebenfalls Schwefel-Wasserstoffgas sich entbindet, nur dass das Erglühen stärker ist*). Wenn die Verbindung an der [17] freien Luft vor sich geht, so entsteht eine heftige Entzündung, und man erhält Schwefel-Kali, das durch längeres Stehen an der Luft allmählig oxydirt und zuletzt ganz in schwefelsaures Kali verwandelt wird.

Mit dem Quecksilber giebt die Basis des Kali einige ausserordentliche und sehr schöne Erscheinungen. Wenn man bei einer Temperatur von 60° F., 8 bis 10 Theile Quecksilber und 1 Theil der Basis (dem Volumen nach gerechnet) zusammen bringt, so verbinden sie sich augenblicklich mit einander zu einem Körper, der an Farbe dem Quecksilber ähnlich ist, aber weniger Cohäsion zu haben scheint, da die einzelnen Theilchen als abgeplattete Kügelchen erscheinen. Bringt man ein Kügelchen der Basis mit einem Quecksilberkügelchen vom doppelten Volumen in Berührung, so verbinden sie sich unter bedeutender Erhitzung; die Verbindung ist im Augenblicke des Entstehens flüssig, wird aber, wenn sie erkaltet, fest, und gleicht dem Silber. Nimmt man mehr von der Basis des Kali, so dass ihr Gewicht ungefähr $^1/_{30}$ von dem Gewichte des Quecksilbers beträgt, so wird das Amalgam härter und brüchig. Festes Amalgam mit möglichst wenig Basis scheint dem Gewichte nach aus 1 Theil Basis und 70

*) Dass Wasserstoff in dem Schwefel enthalten ist, wird durch die scharfsinnigen Untersuchungen des jüngeren Hrn. *Berthollet* sehr wahrscheinlich (Annales de Chimie Févr. 1807, p. 143). Folgender Versuch, den ich im J. 1799 zu Bristol bei Hrn. *Clayfield* gesehen habe, ist beinahe ein vollständiger Beweis dafür. Hr. *Clayfield* erhitzte in einer mit dem Quecksilber-Apparat verbundenen Retorte 3 Theile Kupferfeile mit 1 Theil gepulverten Schwefel (dem Gewichte nach gerechnet), nachdem er beide zuvor stark getrocknet hatte. In dem Augenblicke, als die Verbindung vor sich ging, entband sich eine elastische Flüssigkeit, deren Volumen das der beiden auf einander einwirkenden Körper 9 oder 10 mal übertraf, und das aus einer Mengung von Schwefel-Wasserstoffgas mit schwefligsaurem Gas bestand. Es scheint, dass das erste dieser Producte dem Schwefel angehörte, und dass das letztere dem Kupfer zuzuschreiben war, welches sich während des Feilens und des Trocknens an der Oberfläche ein wenig mochte oxydirt haben.

Theilen Quecksilber zu bestehen; es ist sehr weich und hämmerbar.

An der Luft nehmen diese Verbindungen schnell Sauerstoff auf; es bildet sich Kali, welches zerfliesst, und nach wenig Minuten findet man das Quecksilber rein und unverändert. — Wirft man ein Amalgamkügelchen in Wasser, [18] so zersetzt es dieses schnell unter einem Zischen; es bildet sich Kali, reines Wasserstoffgas steigt auf, und das Quecksilber bleibt frei zurück. — Das flüssige Amalgam löst alle Metalle auf, mit denen ich dieses versucht habe; das Quecksilber wirkt in dieser Verbindung selbst auf Eisen und auf Platin.

Wenn man die Basis des Kali mit Gold, oder mit Eisen, oder mit Kupfer in einem verschlossnen Gefässe aus reinem Glase erhitzt, so wirkt sie schnell auf diese Metalle; die zusammengesetzten Körper, welche dadurch entstehen, zersetzen das Wasser, wobei sich Kali bildet, und die Metalle unverändert wieder erscheinen.

Die Verbindungen der Basis des Kali mit schmelzbaren Metallen sind schwerer schmelzbar, als das blosse Metall.

Die Art, wie die Basis des Kali auf die öligen verbrennlichen Körper wirkt, beweist ebenfalls die grosse Verwandtschaft dieser Basis zum Sauerstoff.

Auf frisch destillirte Naphtha hat sie, wie wir wissen, nur sehr wenig Einwirkung, oxydirt sich aber bald in solcher, die an der Luft gestanden hat, und indem das sich bildende Kali sich mit dem Oele vereinigt, entsteht eine braune Seife, welche sich um die Kügelchen anhäuft.

Auf die feuerbeständigen öligen Körper wirkt sie selbst in der Wärme nur langsam, z. B. auf Talg, Wallrath und Wachs. Nimmt man sehr viel von diesen öligen Körpern, so setzt sich dabei eine kohlenartige Materie ab, es entbindet sich ein wenig Gas*), und es entsteht eine Seife.

*) Wenn man irgend eins der feuerbeständigen Oele erhitzt, und ein Kügelchen der Kalibasis hinein wirft, so ist das erste Erzeugniss reines Wasserstoffgas; es wird durch Zersetzung von Wasser erzeugt, welches die während der Berührung des Kügelchens mit der Luft entstehende Kalikruste eingesogen hat. Ich finde, dass, wenn man das Kügelchen von seiner Kalirinde befreit hat, das sich entbindende Gas Kohlen-Wasserstoffgas ist, welches mehr als sein eignes Volumen an Sauerstoffgas erfordert, um in der Detonation vollständig damit gesättigt zu werden. Ich habe eine grosse Menge von Versuchen über die Art, wie die Basis des Kali auf die Oele wirkt, angestellt; ihr Detail ist indess für den

[19] Auf dieselbe Art, doch langsamer, wirkt die Basis auf die tropfbarflüssigen feuerbeständigen Oele. — Unter Mitwirkung von Wärme zersetzt sie schnell die flüchtigen Oele; es bildet sich Kali, entbindet sich ein wenig Gas, und setzt sich Kohle ab. — Geschmolzner Kampher, auf den man die Basis des Kali wirft, schwärzt sich, während der Zersetzung entbindet sich kein Gas, und man erhält eine seifenartige Verbindung. Dieses scheint anzuzeigen, dass der Kampher mehr Sauerstoff enthält, als die flüchtigen Oele.

Metalloxyde, die man mit der Basis des Kali erhitzt, werden von ihr schnell reducirt. Als ich ein wenig Eisenoxyd mit ihr bis zu einer Wärme brachte, die sich der Hitze näherte, in welcher sie sich überdestillirt, entstand eine lebhafte Einwirkung, und es erschienen Theilchen Kali und Theilchen eines grauen Metalls, das sich unter Aufbrausen in Salzsäure auflöste. Bleyoxyd und Zinnoxyd wurden noch schneller reducirt; war die Basis des Kali in Ueberfluss vorhanden, so verband sich das wieder hergestellte Metall mit ihr nach Art einer Legirung.

Zu Folge dieser Eigenschaft zersetzt die Basis des Kali das Flintglas, unter Mitwirkung einer mässigen Hitze; das Kali bildet sich unmittelbar durch den Sauerstoff der im Flintglase enthaltnen Metalloxyde, und löst das Glas auf, so dass sich bald eine neue Oberfläche der Einwirkung ausgesetzt findet.

[20] In der Glühehitze greift die Basis des Kali selbst das allerreinste Glas an. Der Sauerstoff, der sich in dem im Glase enthaltenen Alkali befindet, scheint sich zwischen den beiden Antheilen der Basis, der reinen und der im Glase als Alkali vorhandenen, zu theilen, und es entstehen daraus Oxyde des ersten Grades der Oxygenirung. — Erhitzt man die Basis des Kali in einer mit Naphthadampf angefüllten Röhre aus

---

Gegenstand dieser Vorlesung zu fremdartig. Einige Anomalien, die ich bemerkte, leiteten mich bei der Untersuchung, und das Resultat derselben ist sehr bündig. Olivenöl, Terpentinöl, und Naphtha haben mir bei der Zersetzung durch Hitze in verschiedener Menge Kohlenstoff, schweres brennbares Gas, brenzliches Oel und Wasser gegeben, so dass die Gegenwart von Sauerstoff in diesen Oelen für mich vollkommen bewiesen ist. Vielleicht liesse sich das Verhältniss dieser verschiedenen Elemente finden, wenn man die Zersetzung durch die Basis des Kali bewirkte. Von diesen Oelen gab die Naphtha am wenigsten Wasser und kohlensaures Gas und Terpentinöl von beiden verhältnissmässig am meisten.

weissem Glase, so wirkt sie zuerst auf die geringe Menge von Kobaltoxyd und von Manganoxyd, welche sich an der innern Oberfläche des Glases befinden, und es bildet sich ein wenig Alkali. So wie die Temperatur sich der Glühehitze allmählich nähert, steigt die Materie in Dämpfe auf, die sich in den kältern Theilen der Röhre verdichten; da aber, wo die Hitze am stärksten ist, scheint ein Theil des Dampfes das Glas zu durchdringen, und färbt es dunkelroth, ins Braune spielend. Durch wiederholtes Destilliren in einer verschlossenen Röhre und durch hohe Temperatur verliert die Basis endlich ihr metallisches Ansehn, und es erscheint im Innern der Röhre ein brauner, dicker Ueberzug, der das Wasser langsam zersetzt, und, indem er sich mit dem Sauerstoff der umgebenden Luft verbindet, Alkali bildet. Dieser Ueberzug scheint an mehreren Stellen in die Dicke des Glases einzudringen*).

Bei meinen ersten Versuchen über die Destillation der Basis des Kali machte mir die Erklärung dieser Phänomene viel zu schaffen; nachdem ich indess die Substanz hatte kennen lernen, welche die Basis mit dem Sauerstoff auf der ersten Stufe ihrer Oxygenirung bildet, gab sich mir die genügende Erklärung.[13])

[21]

V. Eigenschaften und Natur der Basis des Natrons.

Die Basis des Natrons ist, wie schon erwähnt worden, in der gewöhnlichen Temperatur ein fester Körper. Sie ist weiss und undurchsichtig, und wenn man sie durch einen dünnen Ueberzug von Naphtha sieht, so hat sie den Glanz und die Farbe des Silbers. Sie ist ausserordentlich dehnbar und weisser als irgend eins der gewöhnlichen Metalle. Wenn man sie auf ein Platinblech auch nur schwach drückt, so dehnt sie sich in ein dünnes Blättchen aus, und ein Kügelchen von $^1/_{10}$ oder $^1/_{12}$ Zoll Durchmesser dehnt sich leicht zu einer Fläche von $^1/_4$ Zoll aus**); eine Eigenschaft, die dieser Körper selbst in der Frostkälte ungeschwächt zu behalten scheint.

*) Dieses ist die Erklärung, welche bei dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse sich uns giebt: es ist jedoch mehr als wahrscheinlich, dass auch die Kieselerde des Glases eine Veränderung erleidet, und dass sie vielleicht sich zersetzt. Ich hoffe diesen Gegenstand bei einer andern Gelegenheit weiter zu verfolgen.

**) Durch einen starken Druck lassen sich leicht mehrere

Die Basis des Natrons ist ein Leiter für Electricität und für Wärme, gleich der des Kali. Die kleinen Kügelchen derselben entzünden sich durch einen Funken des Trogapparats und verbrennen mit einer glänzenden Explosion.

Das specifische Gewicht dieser Basis ist geringer als das des Wassers. Sie schwimmt auf Sassafrasöl vom specifischen Gewichte 1,096, sinkt aber in Naphtha vom specifischen Gewichte 0,86 zu Boden. Dieser Umstand hat mich in den Stand gesetzt, ihr specifisches Gewicht mit Genauigkeit zu bestimmen, indem ich diese beiden Oele, die sich vollkommen mit einander verbinden, nach verschiednen Verhältnissen mischte, bis ich eine Flüssigkeit erhielt, in welcher das Kügelchen in jeder Tiefe schweben blieb. Diese bestand ungefähr aus 12 Theilen Naphtha und 5 Theilen Sassafrasöl, welches für das specifische Gewicht derselben 0,9348 giebt.

Die Basis des Natrums wird erst in einer sehr viel höhern Temperatur, als die des Kali, flüssig. Ihre Theilchen fangen an, ihre Cohäsion zu verlieren [22] bei 120° F., und um 180° F. ist sie vollkommen flüssig, so dass sie unter kochender Naphtha schnell schmilzt.[14])

Die Temperatur, bei welcher diese Substanz sich verflüchtigt, habe ich noch nicht bestimmen können; sie ist indess noch fix in der Hitze, in welcher das Fensterglas schmilzt.

Das chemische Verhalten der Basis des Natrons ist im Ganzen dem der Basis des Kali ähnlich, doch finden sich dabei einige charakteristische Verschiedenheiten.

Bringt man die Basis des Natrums mit der Luft in Berührung, so läuft sie sogleich an, und überzieht sich allmählich mit einer weissen Rinde, welche aber langsamer als bei der Basis des Kali zerfliesst. Ich habe diese Rinde sorgfältig untersucht; sie war nichts als reines Natron.

In der gewöhnlichen Temperatur verbindet sich die Basis mit dem Sauerstoff langsam, ohne Gasentbindung. Wenn man sie erhitzt, so geht die Verbindung schneller vor sich; Licht erscheint aber dabei erst, wenn man die Temperatur bis nahe an die Glühehitze erhöht hat. In Sauerstoffgas brennt sie mit weisser Flamme, und sprüht glänzende Funken umher.

Kügelchen mit einander in eine Masse vereinigen; diese Substanz hat also in der gewöhnlichen Temperatur die Eigenschaft der Schweissbarkeit, welche dem Eisen und dem Platin nur in sehr hohen Temperaturen zukommt.

welches sich sehr schön macht. In der atmosphärischen Luft brennt sie mit einem Lichte von ähnlicher Farbe als die Kohle, das aber weit lebhafter als das der Kohle ist.

Die Basis des Natron scheint auf Wasserstoffgas, worin man sie erhitzt, gar nicht zu wirken. In oxygenirtsalzsaurem Gas verbrennt sie lebhaft, und sprüht viele glänzend rothe Funken umher; das Salz, welches sich dabei bildet, ist salzsaures Natron.

Am auffallendsten giebt die Natur der Basis des Natrons sich durch ihre Einwirkung auf das Wasser zu erkennen. Wenn man sie auf Wasser wirft, entsteht sogleich ein [23] heftiges Aufbrausen und Zischen; sie bildet dabei mit dem Sauerstoff des Wassers Natron, das sich sogleich auflöst, und der Wasserstoff entweicht. Licht erscheint dabei nicht; wahrscheinlich kann daher der Wasserstoff, auch selbst im nascirenden Zustande nichts von dieser Basis auflösen*). — Auf heisses Wasser ist die Zersetzung heftiger, und es zeigt sich an der Oberfläche des Wassers mehrentheils ein kleines Funkensprühen, welches wahrscheinlich von kleinen Theilchen der Substanz herrührt, die abgerissen und mit der zum Brennen nöthigen Temperatur in die Luft geschleudert werden. Wenn man indess ein Kügelchen mit einem kleinen Wassertröpfchen oder mit feuchtem Papier in Berührung bringt, so reicht die Hitze, welche entsteht, gewöhnlich hin, die Basis zu entzünden, weil in diesem Fall kein Körper da ist, der die Wärme schnell abführt.

Auf Alkohol und auf Aether wirkt die Basis des Natrons gerade so, wie die Basis des Kali. Das in diesen Flüssigkeiten enthaltene Wasser wird zersetzt, es bildet sich schnell Natron, und der Wasserstoff entweicht.

Auf sehr concentrirte Säuren wirkt die Basis des Natrons, wenn man sie auf die Oberfläche derselben bringt, mit vieler Kraft. Auf Salpetersäure entsteht eine lebhafte Entzündung; auf Schwefelsäure und Salzsäure entbindet sich zwar viel Wärme, aber kein Licht. — Taucht man sie in einem schicklichen Apparat unter die Oberfläche der Säuren, so oxygenirt sie sich schnell und erzeugt Natron; die übrigen Producte sind denen ähnlich, welche die Basis des Kali unter gleichen Umständen giebt.

*) Die Eigenschaft, sich mit dem Wasserstoff zu verbinden, scheint unter den Metallen den flüchtigeren ausschliesslich zuzukommen; ein Umstand, dem dieses analog ist.

[24] Auch auf die feuerbeständigen und die flüchtigen Oele, nnd auf die Naphtha wirken beide Basen völlig auf gleiche Art, nur dass die seifenartigen Verbindungen aus der Basis des Natron dunkler und minder auflöslich zu sein scheinen.

In den verschiedenen Graden der Oxydirung, deren sie fähig sind, stimmen gleichfalls die beiden Basen sehr nahe überein. Schmelzt man Basis des Natron mit etwas trocknem Natron znsammen, so theilt sich der Sauerstoff zwischen dem Alkali nnd der Basis, nnd es erscheint eine dunkelbraune Flüssigkeit, die beim Erkalten zu einem festen dunkelgrauen Körper wird, der an der Lnft Sauerstoff einsaugt und zu Natron wird. Dieselbe Substanz entsteht öfters bei den zerlegenden Processen der Zersetznng; auch bildet sie sich, wenn man die Basis des Natron in Röhren vom reinsten Glase schmelzt.

In ihrer Einwirknng auf Schwefel, Phosphor und die Metalle unterscheidet sich die Basis des Natron kaum in irgend etwas von der Basis des Kali.

Mit dem Schwefel verbindet sie sich sehr schnell in verschlossenen Gefässen, die mit Naphthadampf erfüllt sind; dabei entbindet sich Licht nnd Wärme, und manchmal entsteht eine Explosion dnrch Verdampfung eines Theils des Schwefels nnd durch Entbindnng von Schwefel-Wasserstoffgas. Die Verbindung des Schwefels mit der Basis des Natron ist von dunkelgrauer Farbe.

Die Verbindung des Phosphors mit der Basis sieht wie Blei aus, und verwandelt sich an der Luft oder durch Verbrennen in phosphorsaures Natron.

Schon ein Zusatz von 1 Theil der Basis zu 40 Theilen Quecksilber macht dieses letztere Metall fest, und giebt demselben die Farbe des Silbers. Während der Verbindung entweicht aus beiden viel Wärme. Mit dem Zinn verbindet sich die Basis, ohne die Farbe zu ändern, nnd [25] mit Hülfe der Wärme wirkt sie anch auf Blei nnd Gold. Ihr Verhalten zu den übrigen Metallen habe ich nicht untersucht. In allen diesen Legirungen verwandelt sie sich an der Luft sehr bald in Natron; eben so in der Berührung mit Wasser, welches sie zersetzt, indem der Wasserstoff entweicht. Das Amalgam ans Quecksilber und aus Natronbasis scheint mit den übrigen Metallen dreifache Verbindungen zu geben; ich habe diese mit Eisen und mit Platin versnchet, die mir mit dem Quecksilber in Verbindung zu bleiben scheinen, wenn die

Basis sich an der Luft in Natron verwandelt. Auch mit Schwefel verbindet sich dieses Amalgam und giebt eine dreifache Verbindung von dunkelgrauer Farbe.

VI. Verbindungsverhältnisse des Sauerstoffs mit den Basen im Kali und des Natron.

Bei der Leichtigkeit, mit der die Basen der feuerbeständigen Alkalien verbrennen, und mit der sie das Wasser zersetzen, fehlte es mir nicht an ausreichenden Mitteln, das Verhältniss ihrer ponderablen Bestandtheile zu bestimmen. Ich will hier den Gang meiner Untersuchung im Allgemeinen angeben und die Resultate der verschiedenen Reihen von Versuchen hersetzen; sie stimmen mit einander so gut überein, als es sich bei Operationen mit so geringen Mengen einer Substanz nur immer hoffen liess.

Das Verbrennen in Sauerstoffgas habe ich in gläsernen Röhren vorgenommen, die einen kleinen Schieber aus einem dünnen Blättchen Silber, oder aus einem andern auf trocknem Wege nicht zu oxydirenden Metalle enthielten. Die zu verbrennende Basis wurde auf den kleinen Schieber gelegt und in die Glasröhre hinein geschoben, nachdem zuvor ihr Gewicht genau bestimmt worden war, entweder unmittelbar, oder durch Wiegen eines Quecksilberkügelchens [26] von gleicher Grösse*); letzteres geschah in der Regel, wenn die Kügelchen sehr klein waren, und liess sich durch Hülfe eines Mikrometers leicht und genau bewerkstelligen. Die Glasröhre war an ihrem einen Ende von einem kleinern Durchmesser, gekrümmt und in eine Spitze ausgezogen, die offen blieb; am andern Ende sass sie an einer zweiten Röhre, welche mit einem Gasometer voll Sauerstoffgas in Verbindung stand. Da ich mich weder des Wassers noch des Quecksilbers zum Füllen der Röhre mit einem Gas bedienen konnte, so liess ich so lange aus dem Gasometer Sauerstoffgas hindurch steigen, bis ich gewiss sein konnte, dass alle atmosphärische Luft hinaus

*) Waren die Kügelchen sehr klein, so wurde gewöhnlich die Vergleichung mit Quecksilber, die mit einem Micrometer leicht ausgeführt werden kann, als Mittel zur Gewichtsbestimmung gebraucht; denn so konnte das Kügelchen unmittelbar in die Röhre gebracht werden, während das Gewicht des Quecksilbers mit Musse bestimmt werden konnte.

getrieben war, wovon ich mich jedesmal durch endiometrische Versuche mit kleinen Mengen, die in einem Quecksilber-Apparat anfgefangen wnrden, überzeugte. War dieses der Fall, so wurde das untere Ende der Glasröhre vor der Weingeistlampe zugeschmolzen; das andere in eine Spitze ausgezogene Ende verschloss ich alsdann da, wo die Spitze so eng war, dass das Zuschmelzen keinen merkbaren Einfluss auf das Volumen des Gas in der Röhre haben konnte. Nachdem alles so eingerichtet war, wurde das Glas, wo es der Schieber berührte, erhitzt, bis das Verbrennen begann.

Diese Versuche hatten grosse Schwierigkeiten. Wenn ich die Flamme der Lampe nnmittelbar an das Glas brachte, so entstand ein so heftiges Verbrennen, dass die Röhre mehrmals sprang, nnd dass ein Theil des erzeugten Alkali als ein weisser Rauch anfstieg nnd sich an das Glas ansetzte. Erhöhte ich dagegen die Temperatur nur allmählich, so wirkten die Basen der Alkalien auf das Metall des Schiebers ein und vereinigten sich damit, und in diesem Zustande verbanden sie sich nur sehr schwer mit der ganzen Menge von Sauerstoff, die sie in sich aufzunehmen vermögen. Ohne Schieber durfte ich das Glas nicht nehmen, denn es zersetzt sich mit den Basen der Alkalien, und Porcellan ist ein so schlechter Wärmeleiter, dass es sich [27] nicht bis zn dem nöthigen Grade erhitzen liess, ohne dass das Glas erweicht wurde. — Die Basen der Alkalien mnssten jedesmal, bevor ich sie in die Glasröhren brachte, sorgfältig von ihrer Naphthahülle befreit werden. Sie umgaben sich alsdann zwar, bevor das Verbrennen anfing, mit einer leichten Rinde von Alkali, diese konnte aber keinen merklichen Einfluss auf das Resultat haben. Wurde es versäumt, alle Naphtha sorgfältig zu entfernen, so erzengte dieser unbedeutende Ueberzng, weil er verdunstet, eine Explosion, welche den Apparat zersprengte.

Nach dem Verbrennen mass ich die Menge des verschlnckten Gas, nachdem ich zu dem Ende die untere Spitze der Röhre unter Wasser oder nnter Quecksilber geöffnet hatte; nnd zuletzt untersuchte ich entweder den Grad der Reinheit des Gasrückstands, oder wog das Alkali, welches sich in dem Schieber gebildet hatte.

Ich wähle nnter den verschiedenen Versuchen über die Synthese des Kali durch Verbrennen zwei aus, bei welchen ich alle möglichen Maassregeln der Vorsicht beobachtet habe, nm mit Genauigkeit zn operiren, und in welchen die Umstände

so günstig waren, dass das Mittel aus ihren Resultaten der Wahrheit nahe kommen muss.

In dem ersten dieser Versuche wurden 0,12 Grains der Basis des Kali auf Platin verbrannt; das Verbrennen war schnell und vollständig, und die Basis schien vollkommen mit Sauerstoff gesättigt zu sein, denn es stieg auch nicht ein Bläschen Wasserstoffgas auf, als ich den Schieber in Wasser legte. Das Volumen des verschluckten Sauerstoffgas war dem von 190 Grain Quecksilber gleich. Das Barometer stand auf 29,6 Zoll, das Thermometer auf 62° F. Bei einer Wärme von 60° F. und bei 30 Zoll Quecksilberdruck würde folglich das Volumen dem von 186,67 Grain Quecksilber gleich gewesen sein*), folglich [28] ungefähr 0,0184 Grains des Troygewichts gewogen haben**). Nun aber verhält sich

$$0{,}0184 + 0{,}12 : 0{,}12 = 100 : 86{,}7;$$

folglich bestehen zu Folge dieser Schätzung 100 Theile Kali aus 86,7 Theilen Basis und aus 13,3 Theilen Sauerstoff.

In dem zweiten Versuche hatten 0,07 Grains Basis beim Verbrennen ein Volumen von Sauerstoffgas verschluckt, welches bis 63° F. Wärme und 31,1 Zoll Barometerstand dem Volumen von 121 Grains Quecksilber gleich war, das folglich, wenn man auf die nöthigen Correctionen sieht, 0,01189 Grain wog. Nun verhält sich $0{,}01189 + 0{,}07 = 100 : 85{,}48$. Hiernach bestehen also 100 Theile Kali ungefähr aus 85,5 Theilen Basis und 14,5 Theilen Sauerstoff.

Das Mittel aus beiden Versuchen giebt für 100 Theile Kali 86,1 Theil Basis und 13,9 Theile Sauerstoff.

In dem genauesten Versuch, den ich über das Verbrennen der Basis des Natron angestellt habe, verschluckten 0,08 Grains dieser Basis ein Volumen Sauerstoffgas, welches bei 56° F. Wärme und 29,4 Zoll Barometerstand dem Volumen

---

*) Bei der Correction wegen der Temperatur folge ich den Versuchen *Gay-Lussac*'s und *Dalton*'s, welche für jeden Grad Fahrenheitisch eine Ausdehnung des Gas von etwa $^1/_{480}$ des ursprünglichen Volums [in der Temperatur des Eispunkts] geben.

**) Nach Versuchen, die ich im J. 1799 über das specifische Gewicht des Sauerstoffgas gemacht habe, scheint sich dasselbe zu dem des Wassers und dem des Quecksilbers zu verhalten wie 1 : 748 : 10142. (Researches p. 19); eine Schätzung, die vollkommen mit dem Resultat der genaueren Untersuchungen übereinstimmt, welch die HH. *Allen* und *Pepys* über diesen Gegenstand zum Behuf ihrer Arbeit über die chemische Natur des Diamanten (Phil. Trans. 1807, 275) angestellt haben.

von 206 Grains Quecksilber gleich war, also dem Gewichte nach ungefähr 0,02 Grains Sauerstoff. Und da sich verhält 0,1 : 0,08 = 100 : 80, so bestehen nach dieser Schätzung 100 Theile Natron aus 80 Theilen Basis und 20 Theilen Sauerstoff.

So oft das Verbrennen so langsam geschah, dass die Alkalien nicht aus dem Schieber entwichen, fand ich eine bedeutende Zunahme an Gewicht; da es aber unmöglich war, sie anders als in der [**29**] Luft zu wiegen, so wurde das Resultat zweifelhaft wegen der Feuchtigkeit, welche sie sogleich einsogen, und die Resultate, welche aus dem Gewichte des verschluckten Sauerstoffgas folgen, sind zuverlässiger. In den Versuchen, in welchen recht schnell gewogen wurde und kein Alkali an der Röhre sitzen blieb, hatte die Basis des Kali ungefähr um 2 Theile auf 10, und die Basis des Natron um 3 bis 4 Theile auf 10 Theile an Gewicht zugenommen.

Die Zersetzung des Wassers durch die Basen der Alkalien führte weit schneller und auf eine vollkommnere Art zu der Kenntniss der Mischungsverhältnisse des Kali und des Natron. Ich bediente mich dabei der Amalgamen der Basen mit dem Quecksilber; eines Theils um den Process zu verlangsamen, andern Theils um zu verhindern, dass nicht von der Basis des Kali sich ein Theil auflöste. Ich bereitete diese Amalgame unter Naphtha, indem ich auf ein bekanntes Gewicht der Basis ungefähr das doppelte Volumen Quecksilber nahm. Bei meinen ersten Versuchen legte ich das Amalgam unter eine mit Naphtha gefüllte und damit gesperrte Röhre, und führte das Wasser am Boden des Gefässes langsam zu dem Amalgame hinzu. Ich fand indess bald, dass diese Vorsicht überflüssig war; denn das Wasser wirkt auf das Amalgam nicht mit einer solchen Kraft, dass sich nicht auch im Wasser alles Wasserstoffgas, das sich dabei entband, hätte auffangen lassen.

Folgendes ist das Detail der genauesten Versuche, die ich über die Zersetzung des Wassers durch die Basen des Kali und des Natron angestellt habe.

Es entbanden 0,08 Basis des Kali, die ich mit ungefähr 3 Grain Quecksilber amalgamirt hatte, ein Volumen Wasserstoffgas, das dem von 298 Grains Quecksilber gleich war. Das Thermometer stand am Ende des Processes [**30**] auf 56° F. und das Barometer auf 29,6 Zoll. Der Versuch war mit aller möglichen Aufmerksamkeit auf die kleinsten Umstände geführt worden. Nun erfordert ein solches Volumen

Wasserstoffgas*), um vollständig zu verbrennen, an Sauerstoffgas ein Volumen, das ungefähr dem von 154,9 Grains Quecksilber gleich ist, und dieses wiegt, wenn man auf den Thermometerstand und den Barometerstand Rücksicht nimmt, ungefähr 0,0151 Grains. Es ist aber 0,08 + 0,0151 : 0,08 = 100 : 84,1. Also bestehen hiernach 100 Theile Kali aus ungefähr 84 Theilen Basis und 16 Theilen Sauerstoff.

Ein Amalgam aus 0,054 Grains der Basis des Natron entband auf dieselbe Art bei 52° F. Wärme und 30,4 Zoll Barometerstand ein Volumen Wasserstoffgas, das dem von 326 Grains Quecksilber gleich war, und folglich im Zustande des Wassers mit 0,0172 Grains Sauerstoff vereinigt war. Nun verhält sich 0,054 + 0,0172 : 0,054 = 100 : 76. Also bestehen 100 Theile Natron aus 76 Theilen Natron und 24 Theilen Sauerstoff.

In einem andern mit grosser Sorgfalt angestellten Versuche, bei dem das Thermometer auf 58° F. und das Barometer auf 29,9 Zoll standen, entbanden 0,052 Theile der Basis des Natron aus dem Wasser ein Volumen Wasserstoffgas, das dem von 302 Grains Quecksilber gleich war, und folglich im Wasser an 0,01549 Grains Sauerstoff gebunden gewesen war. Hiernach bestehen 100 Theile Natron aus 77 Theilen Basis und 23 Theilen Sauerstoff.

[31] Die hier angeführten Versuche sind die, welche mit den grössten Mengen von Basis angestellt wurden. Ich habe damit die Resultate derer unter den übrigen Versuchen, die mit vorzüglicher Sorgfalt gemacht sind, verglichen. Sie gaben 17 Theile als die grösste, 13 als die kleinste Menge von Sauerstoff in 100 Theilen Kali, und 26 Theile als die grösste, 19 als die kleinste Menge Sauerstoff in 100 Theilen Natron. Nehmen wir alle diese Resultate zusammen, so dürfte folgendes der Wahrheit am nächsten kommen; das Kali besteht aus 6 Theilen Basis auf 1 Theil Sauerstoff; die Basis des Natron aus 7 Theilen Basis auf 2 Theile Sauerstoff.[15])

*) Researches Chem. and Phil. p. 287.

VII. Einige allgemeine Bemerknngen über das Verhältniss der Basen aus Kali und Natron zu anderen Stoffen.

Sind die Basis des Kali und die des Natron für Metalle zu nehmen? Die meisten Chemiker, denen diese Frage vorgelegt wurde, antworteten daranf mit Ja. Diese Körper haben die Undnrchsichtigkeit, den Glanz und die Dehnbarkeit der Metalle, sind eben so gute Wärmeleiter und electrische Leiter als die Metalle, und gleichen ihnen durch ihre grosse Fähigkeit zn chemischen Verbindungen.

Ihr sehr geringes specifisches Gewicht scheint mir kein hinreichender Grund zn sein, nm ans ihnen eine eigne Klasse von Körpern zn machen; denn auch unter den schon bekannten Metallen herrscht in dieser Hinsicht eine grosse Verschiedenheit. Platin ist beinahe 4 mal schwerer als das Tellurium*).

[32] Bei der Classification der Naturkörper mnss immer die Aehnlichkeit der meisten Eigenschaften der Körper entscheiden, welche man in eine Klasse zusammen stellt.

Namen für die Basen des Kali und des Natron, welche dieser Ansicht entsprechen sollten, müssen nach Analogie mit den andern Namen der nen entdeckten Metalle aus dem Latein entlehnt sein, und dieselbe Endsilbe als diese erhalten. Ich wage es, die Namen Potassium nnd Sodium in Vorschlag zn bringen. Sie können nie in Irrthnm führen, welche Veränderung auch künftig die Theorie über die Zusammensetznng der Körper erleiden mag, denn sie bezeichnen bloss die Metalle, die sich aus der Potasche und der Sode erhalten lassen. Ich habe mehrere der ausgezeichnetsten Gelehrten dieses Landes über diese Benennung zn Rathe gezogen, und die meisten gaben denen, welche ich angenommen habe, vor jeder andern den Vorzug. Da die Alten die Verschiedenheit der beiden Alkalien nicht kannten, so würde sich im Griechischen vielleicht wohl ein Name für die Basis des Natrons haben finden lassen, aber kein ähnlicher für die

*) Tellurium hat kaum ein 6 mal grösseres specifisches Gewicht als die Basis des Natron, und es ist sehr wahrscheinlich, dass wir Körper finden werden, welche eine ähnliche chemische Natur als die Basen des Kali und des Natron haben, und deren specifisches Gewicht zwischen dem dieser Basen und denen der leichtesten Metalle zwischen fällt.

Basis des Kali. Die aus der Theorie entlehnten Namen können nicht sorgfältig genug vermieden werden, da die electrisch-chemischen Erscheinungen, deren wir täglich mehrere finden, es sehr klar vor Angen stellen, dass die Zeit noch weit entfernt ist, wenn sich die chemischen Thatsachen vollständig werden verallgemeinern lassen. Zwar habe ich bei Erklärung der Resultate der hier detaillirten Versuche durchgehends die antiphlogistische Hypothese [**33**] angenommen; doch hat daran das Gefühl der Schönheit und Präcision derselben mehr Theil, als die Ueberzeugung von ihrer unveränderlichen Daner nnd ihrer Wahrheit. Durch die Entdeckungen, welche man über die Wirkungen der Gasarten gemacht hat, ist *Stahl*'s Hypothese gestürzt worden. Sehr leicht könnte eine genauere Kenntniss der ätherischen Substanzen und ihrer Wirknngen der scharfsinnigen nnd um vieles verfeinerten Theorie *Lavoisier*'s ein ähnliches Schicksal bereiten. Bei dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse scheint diese Theorie allerdings die beste unter allen Annähernngen zu einer vollkommenen chemischen Logik zn sein.

Welche Veränderungen indess auch der Theorie bevorstehen mögen, so haben wir, dünkt mich, doch allen Grund, zu glauben, dass die metallischen Basen der Alkalien und die gewöhnlichen Metalle in derselben Klasse von Körpern bleiben werden, und bis jetzt haben wir nicht einen einzigen guten Grund, die Individuen dieser Klasse für zusammengesetzte Körper zu halten *).

Man führt Versuche an, aus denen erhellen soll, dass die Alkalien, die Metalloxyde und die Erden sich aus blosser Luft und blossem Wasser bilden können: alle diese Versuche

*) Es würde sich unstreitig eine chemische Theorie vertheidigen lassen, welche annähme, dass die Metalle aus unbekannten Basen und aus der im Wasserstoff befindlichen Materie bestehen, und dass Metalloxyde, Alkalien und Säuren Zusammensetzungen solcher Basen mit Wasser sind. In dieser Theorie würde man aber mehr unbekannte Principe als in der allgemein herrschenden annehmen müssen, und sie würde minder klar und minder elegant sein. Als ich bei meinen ersten Versuchen über die Destillation der Basis des Kali stets Wasserstoff sich entwickeln fand, wurde ich veranlasst, die phlogistische Hypothese mit den neuen Thatsachen zu vergleichen, und ich fand, dass sie sich ihnen ohne Schwierigkeit anpassen liess. Genauere Untersuchungen bewiesen mir indess in der Folge, dass in den Fällen, in welchen ein brennbares Gas erscheint, etwas Wasser oder ein anderer Körper, in welchem man Wasserstoff annimmt, gegenwärtig war.

sind indessen bisher noch immer anf eine wenig beweisende Art angestellt worden*). Das Wasser kann auf eben die Art, wie ich es [**34**] in der vorjährigen Baker'schen Vorlesung zu zeigen gesucht habe, mit salzigen oder mit metallischen Substanzen geschwängert sein, nnd in der Lnft schweben fast immer feste Substanzen aller Art, die ihr gänzlich fremd sind, umher*). Es ist leicht zu übersehen, dass bei den gewöhnlichen Processen der Natnr alle Producte lebender Wesen von den bekannten Verbindnngen der Materie ansgehen können. Die Znsammensetzungen des Eisens, der Alkalien und der Erden mit den mineralischen Sänren sind gewöhnlich in Menge in der vegetabilischen Erde vorhanden. Durch die Zersetzung basaltischer, porphyrartiger**) und granitartiger Gebirgsarten wird immerfort die Oberfläche des Bodens mit erdigen, alkalischen und eisenschüssigen Theilchen versehen. In allen Pflanzensäften, welche untersucht sind, hat man salzartige

*) Die Erklärung, welche *van Helmont* von der Erzengung der Erde beim Wachsen seiner Weide gegeben hat, ist durch die Untersuchungen *Woodward*'s (Philos. Transact. XXI. p. 193) gänzlich widerlegt worden. Die Folgerungen, welche vor kurzem Hr. *Braconnot* ans seinen sinnreichen Versuchen gezogen hat (Annal. de Chimie 1807. Févr. p. 187), führen zu nicht viel, wenn man die Umstände bedenkt, auf die ich im Texte aufmerksam gemacht habe. In dem einzigen Fall, bei dem die freie Einwirkung der Atmosphäre auf die Vegetation gehemmt war, wuchs zwar der Same in weissem Sande, der, wie angegeben wird, durch Waschen mit Salzsäure gereinigt worden war. Dieser Process ist indess unzureichend, um von dem Sande alle Materien zu entfernen, die Kohlenstoff oder andere verbrennliche Körper hergeben konnten. Die verbrennliche Materie ist in mehreren Steinen vorhanden, welche beim Zerreiben ein weissliches oder grünliches Pulver geben, und wenn in einem Steine die Menge des kohlensauren Kalks sehr gering ist im Verhältniss mit den andern erdigen Bestandtheilen, so greifen die Säuren sie nur mit Schwierigkeiten an.

**) Auf Veranlassung einer besondern geologischen Untersuchung habe ich im Jahre 1804 die Porcellanerde von St. Stevens in Cornwallis analysirt, welche durch Zersetznng des Feldspaths in einen feinkörnigen Granit entsteht. Ich konnte darin nicht die geringste Spur eines Alkali entdecken. Dagegen erhielt ich nnverkennbare Anzeichen eines Alkali, welches mir Kali zn sein schien, als ich einige Versnche mit Stücken der unzersetzten Gebirgsart anstellte, die tiefer unter der Oberfläche liegt. Wahrscheinlich geht daher eine Abscheidung des Alkali vor, welche auf der Einwirkung beruht, die das Wasser und die Kohlensäure der Atmosphäre anf das Alkali ansüben, das einen Bestandtheil des krystallisirten Feldspaths ansmacht; er verliert seine Aggregation, wenn er dieses Alkalis beranbt wird.

Verbindungen gefnnden, welche Kali oder Natron und Eisen enthielten. Diese Grundstoffe können aus den Pflanzen in die Thiere übergehen. Es scheint, dass die chemische Wirkung der Organisation viel mehr darauf geht, die Substanzen zu Verbindnngen znsammengesetzterer Natur und mannigfacherer Art mit sich zu vereinigen, als sie auf ihre einfachsten Elemente zurück zu führen.

[35] VIII. Natur des Ammoniums und der Alkalien überhaupt, nebst einigen Ausblicken auf Entdeckungen gemäss den vorstehenden Thatsachen.

Man ist seit einiger Zeit der Meinung, die chemische Natur des Ammoniums sei sehr gut bekannt. Die Versuche *Scheele*'s und *Priestley*'s und die noch sorgfältigeren und ausgewählteren *Berthollet*'s, bei denen es sich in Wasserstoffgas und Stickgas zn verwandeln schien, hatten bei den Chemikern jedes Bedenken gehoben. Nene Thatsachen bringen indess neue Reihen von Analogien mit sich, nnd flössen uns nicht selten Zwcifel an der Genauigkeit früherer Schlüsse ein.

Die beiden fenerbeständigen Alkalien enthalten eine kleine Menge von Sauerstoff, der an gewisse Basen gebnnden ist; sollte nicht auch das flüchtige Alkali Sauerstoff enthaltcn? Diese Frage entstand sehr bald beim Verfolg meiner Untersuchung, nnd als ich das Detail der bisherigen Versuche über die Zusammensetzung des Ammoniums überdachte, von denen ich selbst einige mit Sorgfalt wiederholt hatte, so fand ich keine Ursache, dieses für nicht möglich zu halten. Denn gesetzt, der Sauerstoff befinde sich im Ammoninm in sehr geringer Menge zugleich mit dem Wasserstoff und dem Stickstoff, so könnte er sich bei den zerlegenden Versnchen durch Hülfe der Wärme oder der Electricität den Beobachtern sehr wohl entzogen und sich theils in dem Wasser, welches sich an der innern Seite der Gefässe absetzt, verborgcn, theils in den Gasarten aufgelöst haben, die sich währcnd des Versuchs entbinden.

Es dauerte nicht lange, so wurde ich von der Gegenwart des Sauerstoffs in dem Ammonium wirklich überzeugt. Ich brachte nämlich sorgfältig bereitete und recht trockene Kohle mittelst einer Batterie von 250 Plattenpaaren in einer

kleinen Menge recht reines [36] Ammoniumgas zum Glühen *). Während des Glühens der Kohle in dem Ammoninmgas dehnte dieses sich stark aus, und es bildete sich eine weisse Materie, die sich an den Wänden der Glasröhren absetzte; sie brauste mit verdünnter Salzsäure, nnd war daher wahrscheinlich kohlensaures Ammonium.

Ein Process andrer Art gab mir noch entscheidendere Resultate. Ich bediente mich dabei der beiden von Herrn *Pepys* erfundenen Gasometer, welche in den Philosophical Transactions for 1807 No. 14 beschrieben sind, und desselben Apparats, von dem die HH. *Allen* und *Pepys* bei ihren Versnchen über das Verbrennen des Diamanten Gebrauch gemacht haben. Diese beiden Naturforscher hatten überdies die Güte, mir bei dem Versnche zu helfen. Wir liessen sehr reines Ammoniumgas in ein Platinrohr über glühenden Eisendraht treten. An jedem der beiden Enden des Platinrohrs war eine gebogene Glasröhre angebracht, die mit einer Frostmischung umgeben wurde, und das Gas stieg aus einem der Gasometer durch die eine dieser Glasröhren in das Platinrohr, und ging dann durch die andre in das zweite Gasometer. Die Temperatur der Luft war 55° F. In der künstlich erkälteten Glasröhre, durch die das Gas znerst stieg, bevor es in das Platinrohr trat, vermochten wir keine Spur von Feuchtigkeit wahrzunehmen, indess sich an den Wänden der zweiten Glasröhre, in die das Gas kam, nachdem es über das glühende Eisen fortgegangen war, sehr dentlich Fenchtigkeit absetzte, nnd das Gas in dem Gasometer, der es anfnahm, das Anschen einer dichten Wolke hatte.

[37] Dieses scheint bestimmt zu beweisen, dass bei der Zersetznng von Ammoniumgas sich Wasser erzeugt; man müsste dann annehmen wollen, dass das Stickgas und das Wasserstoffgas, in die es sich verwandelt, weniger Wasser aufgelöst

*) Es wurde hierzu der Apparat benutzt, den ich in dem Journal der *Royal Institution* S. 214 beschrieben habe. Das Gas war mit Quecksilber gesperrt, welches ich frisch gekocht hatte, um es von aller anhängenden Feuchtigkeit zu befreien, hatte über reinem, trocknem Kali gestanden, und war so rein, dass destillirtes Wasser ein Volumen, dem von 10980 Grains Quecksilber gleich, ganz und gar bis auf 9 solcher Grainmaass verschluckte. Es ist somit aller Grund zur Annahme vorhanden, dass das Gas keinen fremden luftförmigen Stoff enthält, denn der Rückstand bestand wahrscheinlich aus Luft, die erst aus dem Wasser aufgestiegen war.

oder sonst in sich enthalten, als das zersetzte Ammoninmgas; eine Annahme, gegen welche indess die Schlüsse, die *Dalton**) aus seinen Versuchen zieht, und eben so die Versuche der HH. *Clement* und *Desormes* sprechen**).

Nachdem das Ammoniumgas mehrere mal ans dem einen Gasometer in den andern dnrch das glühende Platinrohr übergestiegen war, untersuchten wir das Resultat. Der Eisendraht war an der Oberfläche oxydirt und hatte nm 0,44 Grain an Gewicht zugenommen. Löschpapier sog an den Wänden der erkälteten Glasröhren nngefähr 0,4 Grain Wasser in sich, und das Ammoninmgas, welches zu Anfang 33,8 Kubikzoll betrug, hatte sich bis auf 55,3 Knbikzoll ausgedehnt. Beim Detoniren mit Sauerstoffgas fand sich, dass in diesem Gasgemenge Wasserstoffgas und Stickgas in dem Verhältnisse von 32 : 10 vorhanden waren. Hierans liess sich indess nicht anf die Bestandtheile des Ammonium mit Genauigkeit schliessen; denn es war nicht alles Ammoniumgas zersetzt worden, und da wir das Gas, so wie es sich aus Salmiak nnd Kalk entband, nnmittelbar in den einen Recipienten hatten treten lassen, so konnte vielleicht etwas Ammoniaklösnng mit übergegangen sein nnd die Menge des anfänglichen Gas während des Versuchs vermehrt haben.

Ich finde mit Verwunderung, dass in dem schönen Versuche *Berthollet*'s über die Zersetzung des Ammoniakgas durch electrische Funken***), das [**38**] Gewicht des erzengten Stickgas und Wasserstoffgas eher grösser, als kleiner gewesen sein muss, als das des zerlegten Ammoniumgas; ein Umstand, der jede Vermnthung entfernen musste, dass das Ammonium Sanerstoff enthalte. Dieser Umstand und die abweichenden Resnltate, welche *Priestley* nnd *van Marum* erhalten hatten, bewogen mich, die Versuche über das Electrisiren des Ammoninmgas zu wiederholen, und es zeigte sich bald, dass das Verhältniss zwischen den erzeugten Gasarten und dem zersetzten Gas sich durch Einwirkung verschiedener Ursachen verändert.

Ammoniakgas, auch wenn es durch recht trockenen Kalk aus Salmiak entbnnden wird, setzt an den Wänden der Gefässe, worin es über trocknes Qnecksilber aufgefangen wird, Fenchtigkeit ab; diese muss eine gesättigte Auflösung von

*) Manchester Memoirs V, Part II, 535; 1785.
**) Annales de Chimie XLII, 125.
***) Mémoires de l'Acad. de Paris 1785. p. 324.

Ammoniak sein. Es ist sehr schwer zu vermeiden, dass etwas von dieser Feuchtigkeit zugleich mit dem Gas in die Röhre übersteigt, worin das Gas electrisirt werden soll. Bei meinen ersten Versuchen hatte ich das Gas aus dem Entbindungsgefässe nnmittelbar in die Röhre steigen lassen; 1 Maass desselben verwandelte sich beim Electrisiren nach Verschiedenheit der Umstände in ein grösseres oder kleineres Volumen; die äussersten Grenzen waren 2,2 und 2,8 Maass; das Verhältniss zwischen dem Stickgas und dem Wasserstoffgas war aber immer dasselbe, und zwar nahe wie 1 : 3, dem Volnmen nach gerechnet, wie es sich beim Detoniren mit Sauerstoffgas zeigt.

Um wo möglich alle Feuchtigkeit aus dem Spiel zu bringen, bereitete ich Ammoniakgas mit aller Sorgfalt im Quecksilber-Apparate, und liess es einige Stnnden lang ruhig in dem Recipienten stehen, ehe ich es in die mit trocknem Quecksilber gefüllte Röhre übersteigen liess. Nun wurden 50 Maass beim Electrisiren zu 103 Maass. Noch musste ich indess Irrthum befürchten. Die Eisendrähte, mittelst welcher ich die electrischen Funken durch das Gas schlagen liess, waren nicht ganz frei von Rost, [39] nnd an den Wänden der Röhre zeigte sich ein schwärzlicher Ueberzug, der vom Quecksilber herrührte. Wahrscheinlich mochten die Oxyde, welche sich auf dem Eisen und auf dem Quecksilber befanden, etwas Ammonium eingesogen, nnd es während des Electrisirens wieder hergegeben haben.

Ich wiederholte daher den Versuch mit frisch destillirtem Quecksilber, das keine Spur von Oxyd auf dem Glase absetzte, und mit Platindrähten. Das Ammoniakgas hatte über trocknem ätzenden Kali gestanden, nnd war eben so rein als das, von dem oben die Rede gewesen ist. Ich electrisirte von diesem Gas ein Volumen dem von 60 Grain Wasser gleich so lange, bis es sich nicht weiter ansdehnte; es nahm nun den Raum von 108 Grains Wasser ein. Während des Versuchs hatte das Thermometer auf 56° F. und das Barometer auf 30,1 Zoll gestanden. Der Platindraht, aus dem die Funken überschlngen, schien ein wenig angelaufen zu sein*). Die 108 Grains-Maass Gas wurden sorg-

*) Dies rührte sehr wahrscheinlich von einer Oxydation her. Ein ähnlicher Fall tritt ein, wenn Platin als positiver Draht des Voltaschen Kreises in Berührung mit einer Ammoniaklösung dient; es wird dann schnell angegriffen.

fältig zerlegt; sie bestanden aus 80 Maass Wasserstoffgas und 28 Maass Stickgas.

Nach Versuchen, die ich im Jahre 1799 angestellt habe, wiegen bei der mittlern Wärme und dem mittlern Druck der Luft 100 Kubikzoll Ammoniakgas 18,18 Grains*), doch musste ich vermuthen, dass diese Schätzung etwas zu klein ist. Die HH. *Allen* und *Pepys*, welchen ich diese Vermuthung mittheilte, hatten die Güte, die Wägung noch einmal anzustellen, und Hr. *Allen* theilte mir bald darauf folgende Data mit: Es wogen 21 Kubikzoll Ammoniakgas in dem ersten Versuche 4,05, in dem zweiten Versnche 4,06 Grains; das Barometer stand anf 30,65 Zoll, das Thermometer auf 54° F. [**40**] Nach einem Mittel aus diesen beiden Versuchen müssen also bei 30 Zoll Barometerstand und 60° F. Wärme 100 Kubikzoll Ammoniakgas 18,67 Grains wiegen.

Berechnet man hiernach meinen Versnch, so ergeben sich folgende Resultate. Es wiegen, beim mittlern Drnck nnd der mittlern Temperatur der Luft 60 Kubikzoll Ammoniakgas 11,2 Grains; ferner 80 Kubikzoll Wasserstoffgas 1,93 Grains**), und 28 Kubikzoll Stickgas 8,3 Grains***). Also wiegen die beiden entbundenen Gasarten zusammen 10,23 Grains, das ist fast 1 volles Grain, oder $^1/_{11}$ weniger, als das zersetzte Ammoniakgas. Dieser Ausfall kann von nichts anderm herrühren, als davon, dass Sanerstoff in dem Ammoniakgas vorhanden ist. Ein Theil dieses Sanerstoffs hatte sich wahrscheinlich mit den Platindrähten, die znm Electrisiren dienten, der andre mit Wasserstoff verbnnden. Der Antheil desselben im Ammoniakgas lässt sich hiernach nicht unter 7 bis 8 Procent schätzen; vielleicht beträgt er selbst noch mehr; denn die entbundenen Gasarten können mehr Wasser als das zersetzte Gas in sich enthalten haben, und dadurch an Schwere und an Volumen vergrössert worden sein*†).

Die Erzeugung und die Zersetzung des Ammouiums ist

---

*) Researches chem. and phil. p. 62.

**) Ein Kubikzoll 0,0239 Grains; *Lavoisier*, Elémens p. 569.

***) Researches p. 9. Nach meinen Versuchen wiegen 100 Kubikzoll unter dem mittlern Druck der Luft 29,6 Grains.

*†) Das Electrisiren selbst ist nach den scharfsinnigen Untersuchungen *Henry*'s das einzige Mittel, die absolute Menge Wassers in solchen Gasarten, wie das Ammoniakgas, zu bestimmen; wir dürfen daher schwerlich hoffen, die Bestandtheile des Ammoniaks bei dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse mit aller Genauigkeit aufzufinden.

unter der Annahme, dass es eine dreifache Verbindung von Stickstoff, [41] Wasserstoff und Sauerstoff ist, eben so leicht zn erklären, als nach der gewöhnlichen Hypothese. Ueberall, wo das flüchtige Alkali sich bildet, sind diese Stoffe alle drei gegenwärtig. Gewöhnlich erscheint es, wenn sich Körper zersetzen, in welchen der Sauerstoff schwach gebunden ist, z. B. bei der Zersetznng im Wasser aufgelöster Verbindungen aus Stickstoff und Sanerstoff. In der gewöhnlichen Temperatur können alle drei Stoffe in dieser Verbindung bleiben; in der Glühehitze bekommt aber die Verwandtschaft des Wasserstoffs zum Sauerstoffe die Oberhand über die zusammengesetzte Verwandtschaft; es bildet sich Wasser, und es entbinden sich Wasserstoffgas und Stickgas. Das Ammonium würde hiernach zu den fixen Alkalien nngefähr in derselben Beziehung stehen, als die Pflanzensäuren mit znsammengesetzter Basis zu den mineralischen Säuren mit einfacher Basis.

Es folgt ans diesen Untersuchungen, dass wir berechtigt sind, zu behaupten, dass Sauerstoff in allen wahren Alkalien vorhanden ist, und einen Bestandtheil derselben ansmacht. Denselben Stoff, den die französische Nomenclatur als das Princip der Acidität charakterisirt, könnte man daher auch das Princip der Alkalisirung nennen[16]).

Es ist nicht unwahrscheinlich, auch wenn man bloss nach Analogie urtheilt, dass die alkalischen Erden Zusammensetzungen von derselben Natur, als die fixen Alkalien, sind, das ist, metallische Basen von hoher Verbrennlichkeit, verbunden mit Sauerstoff. Ich habe unter diesem Gesichtspunkte einige Versuche mit Baryt und mit Strontian angestellt; sie scheinen mir diese Annahme zn bestätigen. Als ich die Batterie von 250 Plattenpaaren, 4 Zoll und 6 Zoll ins Gevierte, auf Baryt oder anf Strontian, die mit Wasser angefenchtet waren, einwirken liess, zeigte sich an den beiden Berührungspnnkten mit den Drähten eine lebhafte Wirkung und ein glänzendes Licht, und an der negativen Drahtspitze entstand eine Flamme. [42] Es wäre möglich, dass das Wasser diese Resultate herbeigeführt hätte; andere Versuche geben indess entscheidendere Resultate.

Auch wenn man Baryt und Strontian durch eine Flamme, welche von einem Strom Sauerstoffgas genährt wird, schmilzt und bis zum Weissglühen erhitzt, zeigen sie sich doch in der Kette des Trogapparats als Nicht-Leiter. Man braucht sie aber nur mit einer kleinen Menge Boraxsäure zu verbin-

den, so werden sie leitend, nnd in diesem Fall sieht man aus ihnen an der negativen Seite eine verbrennliche Substanz hervortreten, welche mit einem dunkelrothen Lichte brennt. Die hohe Temperatur, welche der Versuch erfordert, macht zwar, dass man diese Substanz nicht anfsammeln kann; doch habe ich allen Grund, zn glauben, dass sie die Basis des Baryts ist.

Unter allen Erden haben Baryt nnd Strontian die ausgezeichnetste Aehnlichkeit mit den fixen Alkalien*). Doch ist diese Aehnlichkeit nicht auf sie allein beschränkt, sie lässt sich auch im Kalk, in der Magnesia, in der Beryllerde, in der Thonerde und in der Kieselerde nachweisen. Wir haben daher allen Grund zn hoffen, dass auch diese widerspenstigen Körper der Einwirkung sehr mächtiger Batterien auf sie nnter günstigen Umständen nicht widerstehen, und ihre Bestandtheile nns offenbar werden durch Hülfe dieser neuen Methode der Analyse, welche sich der Kräfte der electrischen Anziehung nnd Zurückstossung bedient.

Wir haben in den electrischen Kreisen eine regelmässige Folge von zersetzenden Kräften, von der schwächsten Wirknng, welche kaum die Verwandtschaft zwischen den Bestandtheilen eines neutralen Salzes anfzuheben hinreicht, bis zu der höchsten [43] Energie, welche die am stärksten an einander gebundenen Elemente trennt; und ihrer können wir nns bedienen, um das zn zersetzen, was bisher allen andern Einflüssen widerstand. — Wenn die Wirknng schwach ist, so lassen sich bloss die Säuren nnd die Alkalien, oder die Säuren und die Metalloxyde von einander scheiden. Ist die Kraft stärker, bis auf einen gewissen Grad, so zersetzt sie die gewöhnlichen Metalloxyde und die zusammengesetzten Säuren. Erreicht endlich die Kraft den höchsten Grad von Energie, so weichen ihr die Elemente der Alkalien. Die Substanzen,

*) In den ersten Zeiten der neuern Chemie wurde schon die Aehnlichkeit bemerkt, welche die Erden mit den Metalloxyden haben. Die giftige Natur und die grosse specifische Schwere des Baryts und des Strontians veranlassten *Lavoisier* zu der Vermuthung, beide möchten wohl metallischer Natur sein. In den Alkalien scheint jedoch bisher noch niemand Metalle vermuthet zu haben; nach ihrer Analogie mit dem Ammonium glaubte man, Wasserstoff und Stickstoff gehörten zu ihren Bestandtheilen. Es ist sonderbar, dass gerade diejenigen unter diesen Körpern, welche die wenigste Aehnlichkeit mit den Metalloxyden haben, zuerst in Metalle verwandelt worden sind.

welche von der positiven Electricität angezogen werden, sind, so weit sich nach dem jetzigen Znstand unserer Kenntnisse urtheilen lässt, der Sauerstoff nnd Körper, welche dieses Princip in Uebermaass enthalten. Die Körper, welche die negative Electricität anzieht, sind dagegen entweder reine verbrennliche Körper, oder solche, die vorzüglich aus verbrennlichen Stoffen bestehen.

Diese Thatsachen gaben der Vermuthung ein grosses Gewicht, dass Salzsäure, Flnsssäure nnd Boraxsäure Sauerstoff enthalten; und das allgemeine Princip bestätigt die obige Vermuthung über die Natur der Erden.

Als ich angefeuchtete Boraxsäure electrisirte, bildete sich an der negativen Seite eine verbrennliche Substanz von dunkler Farbe; meine Untersuchungen über die Alkalien haben mich bis jetzt verhindert, diese Erfahrung, die mir eine Zersetzung zu beweisen scheint, weiter zu verfolgen.

Salzsaures Gas und flusssaures Gas sind in Gasform Nicht-Leiter. Da höchst wahrscheinlich ihre Basis eine grössere Verwandtschaft, als der Wasserstoff zum Sanerstoffe hat. so dürfen wir nicht hoffen, sie in ihren wässrigen Auflösungen zu zersetzen, selbst wenn man die mächtigsten Voltaischen Apparate zu Hülfe nimmt. Doch ist es nicht unwahrscheinlich, dass es glücken wird, sie zu zersetzen, wenn man einige ihrer Verbindungen electrisirt[17]).

Die Kräfte der Verwandtschaft der neuen Metalle, welche die Basen der Alkalien sind, führen zu einer nicht zu ermessenden Menge von Versuchen.

[44] Diese Körper selbst werden mächtige Reagentien für die chemische Analyse werden, und da sie an Verwandtschaft zum Sauerstoff alle andern bekannten Körper übertreffen, so werden sie vielleicht bei einigen der nicht-zersetzten Körper die Anwendung der Electricität vertreten können, und sie zerlegen.

Ich finde, dass die Basis des Kali sich im kohlensauren Gas oxydirt und es zersetzt. Auch erscheint Kohle, wenn man die Basis in Berührung mit kohlensaurem Kalke erhitzt. Sie oxydirt sich gleichfalls im salzsauren Gas, doch habe ich diesen Versuch noch nicht mit hinlänglicher Genauigkeit anstellen können, um die Resultate bestimmt anzngeben.

Die Einsicht in die Natur der Alkalien, und die Analogien, worauf sie führt, öffnen eine Menge von neuen Aussichten in den Wissenschaften, welche mit der Chemie in Verbindung stehen. Sie werden uns vielleicht die Auflösung mehrerer

geologischer Probleme geben und uns Kräfte bei der Bildung der Steinarten und der Erden kennen lehren, die man bis jetzt nicht einmal geahnt hat.

Es würde leicht sein, diese Speculationen in weiter Ausdehnung zu verfolgen, doch enthalte ich mich, die Zeit der Societät hierfür in Anspruch zu nehmen. Denn die Absicht dieser Vorlesung ist nicht, Hypothesen aufzustellen, sondern dem Naturforscher eine Reihe neuer Thatsachen bekannt zu machen.

Anmerkungen.

Die beiden vorstehend abgedruckten Abhandlungen sind in den Jahren 1806 nnd 1807 von *Humphry Davy* der Royal Society als Bakerian Lecture vorgelegt nnd in den Trans-Sctions der Royal Society von den Jahren 1807 nnd 1808, a. 1 bis 56 nnd S. 1 bis 44 abgedruckt worden. Die in eckigen Klammern beigefügten Seitenzahlen beziehen sich auf diese nrsprünglichen Abdrucke.

Die deutsche Uebersetzung rührt von *L. W. Gilbert* her nnd ist dessen Annalen der Physik, Bd. 23, 1 bis 43 nnd 162 bis 202 nnd Bd. 31, 113—175 entnommen. Der Text ist vom Heransgeber fortlaufend mit dem Original verglichen worden, wobei eine Anzahl von Missverständnissen und Verschiebungen ausznbessern waren, insbesondere in der ersten Abhandlnng, welche *Gilbert* nicht nach dem Originale, das zur Zeit noch nicht erschienen war, sondern nach einer französischen Uebersetzung bearbeitet hatte. Im übrigen ist nur wenig an der Sprache geändert worden, um ihr den der Zeit entsprechenden Charakter zn lassen.

Die beiden Arbeiten *H. Davy*'s nehmen einen hohen Rang in der Geschichte der Wissenschaft ein, nnd geben ein gutes Bild von der seltenen Vereinignng von änsserster Geduld und Sorgfalt einerseits, und kühnem Verfolgen fremdartiger und ungewohnter Erscheinungen bis in ihre letzten Verzweigungen andererseits, welche diesem genialen Manne eigen waren. Machte die erste Arbeit durch den exakten Nachweis der Abstammung der bei der Electrolyse des »Wassers« gefundenen Säuren und Basen der überwuchernden Speculation auf Grund schlecht beobachteter Erscheinungen, welche damals den qnantitativ vorwiegendsten Bestandtheil der electrochemischen Litteratur bildeten, ein schnelles Ende, so übertrafen die Ergebnisse der zweiten Arbeit die kühnsten Tränme über die chemischen Wirkungen der Electricität, an welchen jene

Zeit so reich war, durch die Entdeckung der mit den seltsamsten Eigenschaften ausgestatteten Alkalimetalle.

Die Wirkung dieser Entdeckungen auf ihre Zeit war ausserordentlich. Ueberall bemühte man sich die Versuche nachzumachen, und die Berichte über mehr oder minder gelungene Wiederholungen derselben nehmen für längere Zeit den breitesten Raum in der wissenschaftlichen Litteratur ein. Wenn auch gegenwärtig der Arbeit jener Reiz des völligen Unerwarteten nicht mehr eigen ist, so fesselt um so mehr die seltene Consequenz, mit der *H. Davy*, von kleinen und unbedeutend scheinenden Versuchen ausgehend, Schritt vor Schritt bis zu seinen glänzenden Entdeckungen gelangt, in Bestätigung des Satzes, dass die Natur auch in den kleinsten Erscheinungen vollständig ist, und dass getreue Arbeit und unbefangener Blick für das Thatsächliche überall den Forscher aus dem Kleinsten unmittelbar an die grossen Probleme der Wissenschaft führt. —

---

1) *Zu S. 20.* *Davy* befindet sich hier und in der Folge im Banne der Vorstellung, dass Säuren und Basen die Stoffe seien, welche durch den Strom nach den beiden Electroden übergeführt werden; die gleiche Meinung ist gleichzeitig von *Berzelius* ausgesprochen worden, und hat zu der bekannten electrochemischen Theorie der chemischen Verbindungen geführt, nach welchen die Salze als Verbindungen von Metalloxyden und Säureanhydriden angesehen wurden. Der Irrthum ist hier um so verzeihlicher, als *Davy* später selbst (vgl. die zweite Abhandlung) die Entdeckung machte, dass die alkalischen Basen zusammengesetzte Körper sind. Thatsächlich werden die Jonen $2K$ und SO^4 durch den Strom bewegt, und da die saure und alkalische Reaction von der Gegenwart der Jonen H resp. OH bedingt wird, welche sich erst an den Electroden bilden (ob primär, oder infolge der Reactionen $K + H^2O = KOH + H$, resp. $SO^4 + H^2O = H^2SO^4 + O$, ist noch controvers), können sich diese Reactionen nur an den Electroden zeigen, nicht inmitten des Leiters.

2) *Zu S. 25.* Die Erklärung der auf S. 20 bis 25 beschriebenen Thatsachen bot nicht nur *Davy* seinerzeit einige Schwierigkeiten, sondern bietet sie noch heute denen, welche der älteren Vorstellung anhängen, dass die Jonen der Salze in den Lösungen miteinander verbunden seien, und erst durch die Wirkung des Stromes getrennt würden. Auf Grund der

rationelleren Vorstellung der freien Jonen aber lassen sich die Erscheinungen ohne weitere Annahmen verstehen. Man hat sich nur vorzustellen, dass nach Anbringung der electrischen Potentialdifferenz alle positiven Jonen im Sinne des Stromes, alle negativen im entgegengesetzten Sinne sich in Bewegung setzen, wobei stets die Bedingung erfüllt sein muss, dass in jedem Raum gleich viele positive und negative Jonen vorhanden sind, um alle von *Davy* beschriebenen Beobachtungen nicht nur verstehen, sondern auch vorhersagen zu können. Dabei ist Wasser als ein äusserst schwacher Electrolyt anzusehen, dessen Jonen nur in Ausnahmefällen in Frage kommen; meist ist das, was als Wasser bezeichnet worden ist, thatsächlich als eine verdünnte Salzlösung aufzufassen.

3) *Zu S. 27.* Die Hypothese der abwechselnden Verbindungen und Zersetzungen ist insbesondere von *Grotthuss* (Ann. de Chimie 58, 54. 1806.) entwickelt worden, und hat sich bis in unsere Tage eines gewissen Ansehens erfreut. Gegenwärtig ist ihre Unhaltbarkeit erkannt worden, und sie ist durch die Theorie der freien Jonen von *Arrhenius* ersetzt worden.

4) *Zu S. 28, Anmerkung.* Dieser interessante Versuch einer Electrolyse ohne (metallische) Electrode ist später von *Faraday* und in neuerer Zeit von *Gubkin* (*Wied.* Ann. 32, 114. 1887) mit anderen Mitteln, aber gleichem Ergebniss wiederholt worden.

5) *Zu S. 30.* Gegenwärtig können diese Versuche nicht als beweisend für *Davy*'s Anschauungen angesehen werden. Derartige Condensatorversuche sind im höchsten Maasse trügerisch, und wir wissen gegenwärtig, dass die electrischen Ladungen nicht an den Säuren und Basen, sondern ausschliesslich an den Jonen der Electrolyte haften.

6) *Zu S. 37.* Die auf den vorstehenden Seiten niedergelegten Grundzüge einer electrischen Theorie der chemischen Verwandtschaft, die in wenig geänderter Gestalt auch von *Berzelius* vertreten worden ist, sind niemals im Sinne einer wirklichen Affinitätstheorie weiter entwickelt worden. Die Anschauung, dass die chemischen Verbindungen auf electrostatischen Anziehungen zwischen den mit positiven und negativen Electricitätsmengen geladenen Atomen beruhen, hat indessen bis auf die neueste Zeit namhafte Vertreter gehabt, und wird von vielen Chemikern heutzutage noch als »selbstverständlich« angesehen. Abgesehen davon, dass in der That

die gegenwärtigen Kenntnisse in der chemischen Affinitätslehre sich völlig unabhängig von diesen Ideen entwickelt haben, muss betont werden, dass die einzigen Massentheile, an denen wir electrische Ladungen kennen, die Jonen der Electrolyte sind, und gerade diese verhalten sich wie freie Einzelmolekeln, nicht wie verbundene Gruppen. Auch entstehen sehr bedenkliche Schwierigkeiten, wenn man die Anschauung des electrischen Zusammenhaltes auf Molekeln aus gleichen Atomen, wie H^2 oder Cl^2 anwenden will, da die Ursache, warum zwei völlig gleiche Atome entgegengesetzte Ladungen besitzen sollen, in keiner Weise ersichtlich ist.

Dagegen hat sich der letzte Gedanke *Davy*'s, aus den electrochemischen Erscheinungen ein Maass für die Grade der Verwandtschaft zu finden, allerdings bewährt. Soweit chemische Energie in electrische sich umwandeln lässt, und umgekehrt, ist das electrische Potential der entsprechenden Kette allerdings ein Maass der Grösse, welche als rationelles Maass der »chemischen Verwandtschaft« bezeichnet werden muss, des chemischen Potentials nach der Bezeichnung von *Willard Gibbs*.

7) *Zu S. 41.* In Bezug auf *Davy*'s Theorie der *Volta*schen Kette muss gesagt werden, dass sie den jetzt bekannten Thatsachen nicht völlig entspricht. Insbesondere dürfte gegenwärtig allgemein die Unrichtigkeit der *Volta*'schen Annahme zugegeben werden, nach welcher der wesentlichste Theil der electromotorischen Kraft an der Berührungsstelle zwischen den verschiedenen Metallen zu suchen wäre. Dagegen hat *Davy* mit grosser Sicherheit die wesentliche Bedeutung bezeichnet, welche die chemischen Eigenschaften des Electrolyts für das Zustandekommen des Stromes haben. Die Argumente, welche er weiterhin (S. 43) trotzdem gegen die chemische Theorie der Kette beibringt, beruhen auf der für die letztere behaupteten Annahme, dass jeder chemische Vorgang electromotorisch thätig sein müsse. Vermeidet man diesen Irrthum, so fallen die gemachten Einwände fort. Freilich ist es erst in neuester Zeit möglich gewesen, die Bedingungen allgemein zu bestimmen, unter welchen chemische Energie sich in electrische verwandelt: sie liegen in der Nothwendigkeit, die auf die beiden Jonen bezüglichen Theile des chemischen Vorganges räumlich zu trennen, so dass dieser erst mit der Herstellung des Stromes und proportional demselben stattfinden kann.

Digitized by Google

8) *Zu S. 48.* Diese Bemerknngen enthalten den Keim der glänzenden Entdeckungen, welche in der folgenden Abhandlnng mitgetheilt sind.

9) *Zu S. 54.* Die Bezeichnung »Basis des Kali« (basis of potash) für Kalinm entspricht allerdings nicht unserer gewöhnlichen Nomenclatur: ich habe sie dennoch beibehalten, um dem Wortlante des Originals nahe zu bleiben, zumal man sich leicht die Bedeutung dieses in der Abhandlung durchgängig benutzten Namens merkt.

10) *Zu S. 55.* Kalium schmilzt bei 62°,5 C.; wenn *Davy*'s Substanz bei Zimmertemperatur flüssig blieb, so rührt dies möglicherweise daher, dass das benntzte Kali Natron enthielt, so dass eine Legierung beider Metalle entstand, welche allerdings bei Zimmertemperatur flüssig ist.

11) *Zu S. 59.* Vgl. die vorige Anmerkung. 50°, 70° und 100° F. sind annähernd 10°, 21° nnd 38° C.

12) *Zu S. 60.* Das specifische Gewicht des Kaliums ist 0,865. *Davy*'s Kügelchen enthielten vermuthlich Hohlräume.

13) *Zu S. 67.* Die beschriebenen Erscheinungen beruhen wesentlich auf der Abscheidung des Siliciums aus der Kieselsäure, dessen Existenz *Davy* freilich damals noch unbekannt war.

14) *Zu S. 68.* Diese Bestimmungen kommen der Wahrheit viel näher, als die am Kalinm. Das specifische Gewicht ist 0,974 statt 0,935 und der Schmelzpnnkt 96° statt 82° oder 180° F. Zu beachten ist die erste Anwendung der Methode des Schwebens zur Dichtebestimmnng bei festen Körpern, deren bedeutende Vorzüge vor anderen Verfahren erst in neuester Zeit gewürdigt werden.

15) *Zu S. 75.* Nach diesen Zahlen wäre das Atomgewicht des Kaliums 48 und das des Natrinms 28; die richtigen Zahlen sind 39,1 und 23,0.

16) *Zu S. 84.* Obwohl der versuchte Nachweis des Sauerstoffgehalts im Ammoniakgas unrichtig ist, so entspricht doch der Schlnss, dass der Sauerstoff das »Princip der Alkalisirung« sei, in merkwürdiger Weise der gegenwärtigen Anschauung, nach welcher die Gegenwart der Hydroxylgruppe *OH* für das Vorhandensein basischer Eigenschaften wesentlich ist.

17) *Zu S. 86.* Diese Voraussagungen sind zum grössten Theile eingetroffen.

Juli 1893. **W. Ostwald.**

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06570 4192
ND
AUG 2 195
UNIV. OF MIC
LIBRARY